



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Geoforums vejledning i etablering af 3D-bymodeller

Flemming, Lars; Schack Madsen, Peter; Sørensen, Morten; Nielsen, Thorbjørn; Bodum, Lars; Hvingel, Jan; Frandsen, Sten; Tyge Jørgensen, Lars; Gadd, Jacob

Publication date:
2008

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Flemming, L., Schack Madsen, P., Sørensen, M., Nielsen, T., Bodum, L., Hvingel, J., Frandsen, S., Tyge Jørgensen, L., & Gadd, J. (2008). Geoforums vejledning i etablering af 3D-bymodeller.

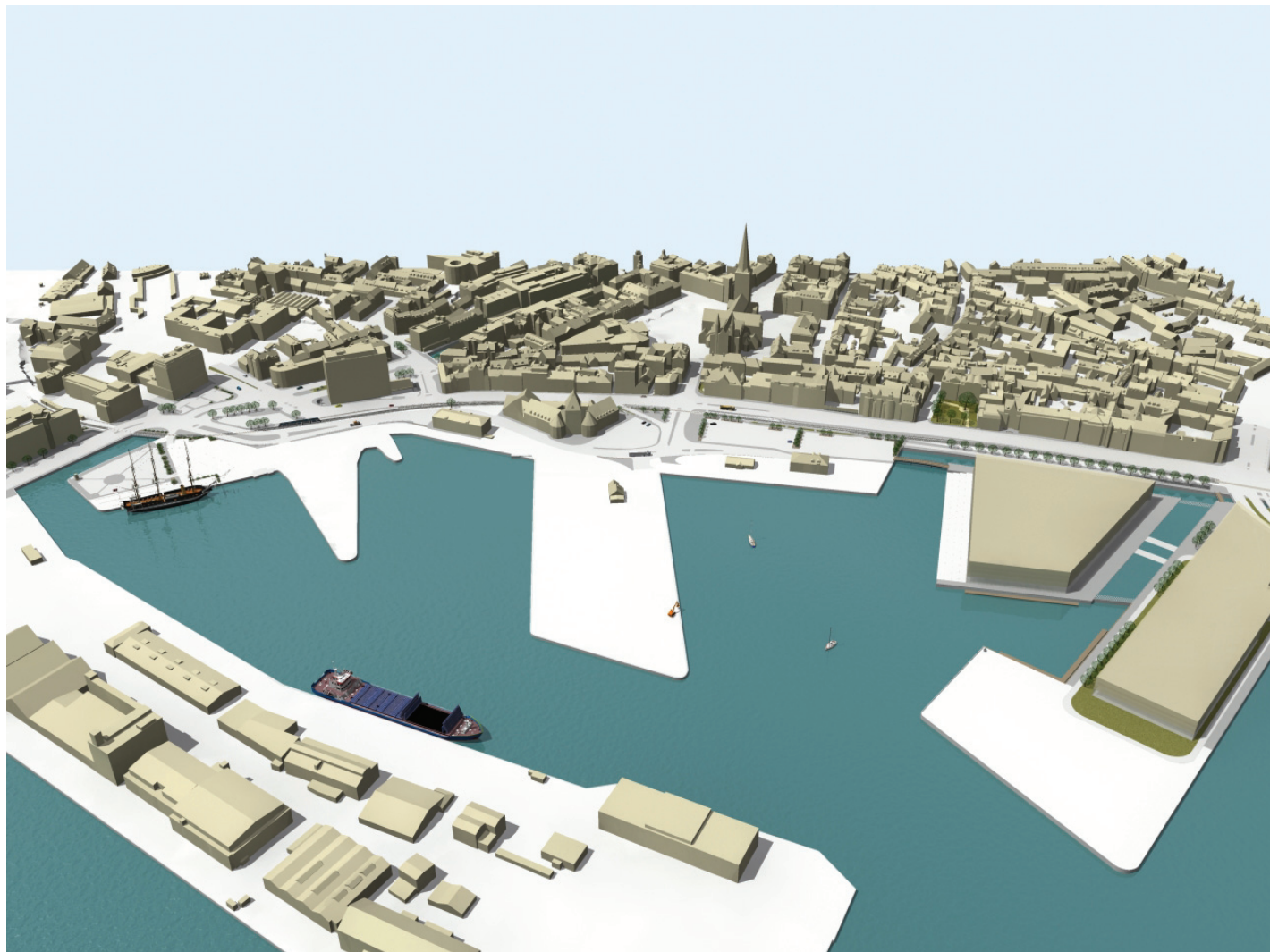
General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Geoforums vejledning i etablering af 3D-bymodeller

Forord

Det er efterhånden blevet mere en regel end en undtagelse at støde på en kommune med egen 3D-bymodel. Hvorfor er det blevet så populært, og hvad er det for en udvikling, der er i gang med hensyn til dokumentation af - især bebyggelsen - i byerne?

Der er ingen tvivl om, at udviklingen fra en 2D til en 3D baseret repræsentation af byen er et globalt fænomen, som er kommet på dagsordenen mange steder. De teknologiske forhindringer for en kompleks flerdimensionel modellering, der var til stede for år tilbage, er næsten væk. Nu handler udfordringerne om andre ting, f.eks. organisatoriske forhold, forventninger til modellen mm.

Det er således ikke et problem at modellere en bygning i 3D og manipulere denne på en computer (næsten uanset hvilken computer, der er tale om). Men hvad er en bygning i 3D sammenhæng?

- Er det en tom boks med hul i bunden?
- Er det en klods med mønster på?
- Er det en masse flader i rummet, der støder op til hinanden?

Teorierne er mange og de er alle interessante, men til hver sin type af model.

Ligeledes er der masser af udfordringer, når det handler om modellen. Planlæggere og arkitekter definerer og stiller andre krav til en 3D-bymodel end politikere og borgere. Derfor bliver en 3D-bymodel tit udtryk for et **kompromis**.

Udviklingen går fra den rene CAD model i retning mod 3D-bymodeller, der er objekt-orienterede og har en logisk sammenhæng med GIS løsninger.

3D-udvalget er nedsat på GeoForums initiativ, og formålet har bl.a. været, at beskrive de muligheder de forskellige typer af 3D bymodeller giver.

Udvalget består af repræsentanter fra stat, kommuner, universiteter og producenter, og har haft følgende sammensætning:

- Lars Flemming - COWI A/S (formand)
- Peter Schack Madsen - Århus Kommune
- Morten Sørensen - Blom Info A/S
- Thorbjørn Nielsen - Scankort A/S
- Lars Bodum - Aalborg Universitet
- Jan Hvingel - Hjørring Kommune
- Sten Frandsen - Odense Kommune
- Lars Tyge Jørgensen - Kort og Matrikelstyrelsen
- Jacob Gadd - Geoforum

Rapporten er forsøgt holdt så neutral som muligt. Firmanavne mv. nævnes kun i begrænset omfang, ligesom produktionsmetoder, priser og rettigheder ikke behandles.

De anvendte illustrationer er alle fra projekter, som arbejdsgruppens deltagere har været involveret i.

Indholdsfortegnelse

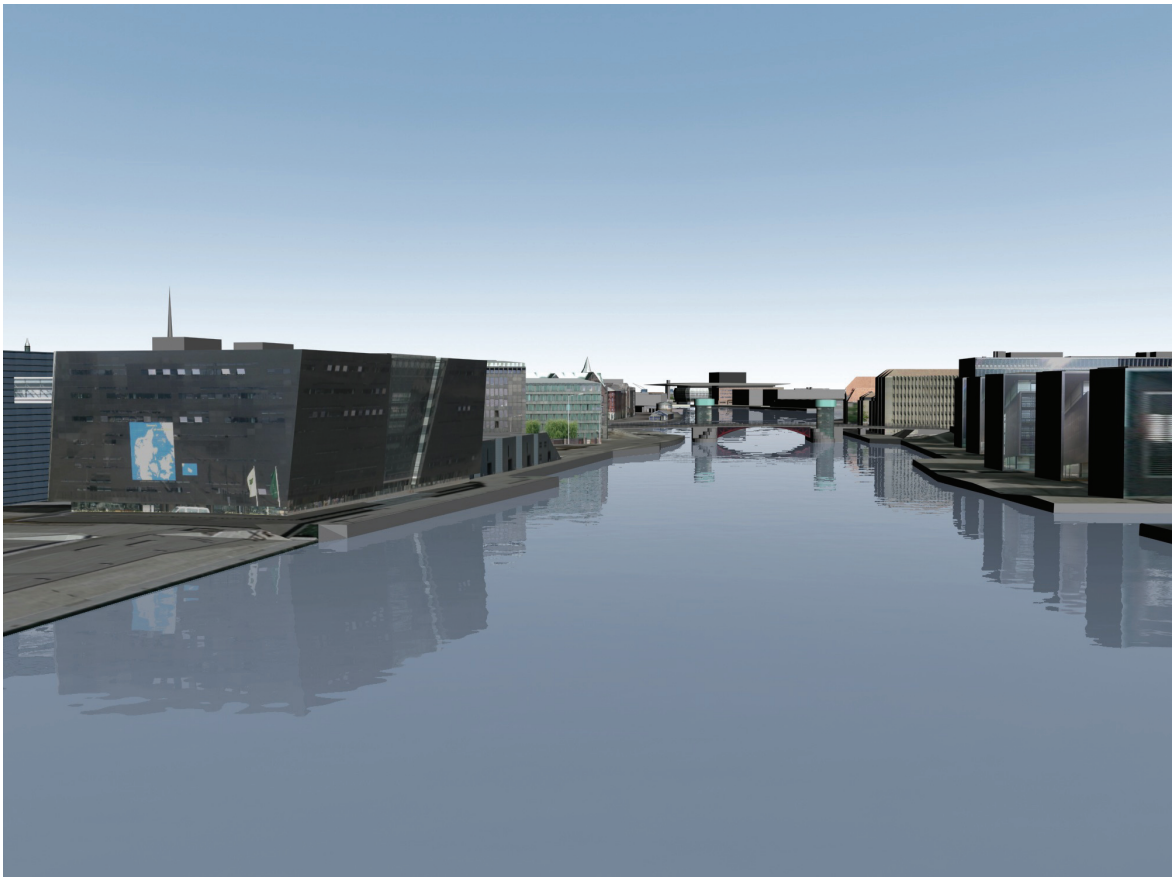
Forord	2
Indholdsfortegnelse	4
Indledning	5
Formål med denne vejledning	5
Formål med 3D-bymodeller	7
Anvendelser	7
Målgrupper	9
Definition af begreber	10
Fra virkelighed til en implementeret 3D bymodel	13
Geometriske repræsentationer	18
Punkt	18
Vektorer	18
Flader	19
Polyeder	19
Objekt	19
Overflademodeler	19
Digital Terræn Model (DTM)	20
Digital Surface Model (DSM)	22
Logiske modeller og fysiske modeller	23
Modeltyper	24
Den fysiske model	24
3D-model - type 1	25
3D-model - type 2	27
3D-model - type 3	28
3D-model - type 4	29
Tillæg/optioner	30
3D-bymodeller i praksis	32
Anskaffelse - initiering, organisation og implementering	32
Fakta om produktet	33
Anvendelse og distribution af data	33
Vedligehold/ajourføring	34
Erfaringer	34
Udveksling af 3D data	35
De mest udbredte udvekslingsformater i dag	36
Praksis for dataudveksling i dag	37
Fremtidens udvekslingsstandard	38
CityGML	38
Snitflader til eksisterende standarder og kortprodukter	39
Det digitale Byggeri	46
Om Det Digitale Byggeri	46
3D-modellens anvendelse og værdi	47
Hvad er en bygningsmodel og hvordan er den opbygget	47
Forholdet mellem kommunale 3D-bymodeller og Det Digitale Byggeri	49
Brugbare information/links	50
Ajourføringsforhold	51
Ajourføringsstrategier	51
Tilgængelige værktøjer til håndtering af 3D-bymodeller	54
Opbygning/vedligehold af grundlæggende 3D-model	54
Desktop visualisering og analyser af 3D-model	54
Internet visualiseringssoftware	55
Fremtiden	57

Indledning

Formål med denne vejledning

Denne vejledning er tænkt som inspiration og støtte til personer og institutioner i Geoforums medlemskreds mm., der står overfor anskaffelse af en 3D-bymodel eller har en sådan anskaffelse under overvejelse.

Vejledningen skal støtte kommunikationen mellem den kommende bruger og eksempelvis producenterne eller de mere erfarende brugere af 3D-bymodeller.



Vejledningen skal hjælpe til at reducere risikoen for "fejlkøb" blandt andet gennem oplysning om anvendelsesmuligheder, begrebsapparat, snitflader til eksisterende data og forhold omkring ajourføringen.

Vejledningens primære målgruppe er den teknisk uddannede projektleder / GIS-koordinator og lignende i kommunerne eller virksomheder. Samtidig håber udvalget, at vejledningen også vil bidrage til forøget indsigt omkring 3D-modeller.

Et yderligere - men bestemt vigtigt - formål med vejledningen er at øge opmærksomheden på nuværende og fremtidige anvendelsesmuligheder ved 3D-bymodeller samt medvirke til fortsat udviklende dialoger om emnet.

Vejledningen er forsøgt skrevet i et let tilgængeligt sprog på trods af et svært tilgængeligt stof. Dog forudsætter forståelsen af vejledningen kendskab til en række specifikke fagudtryk.



Formål med 3D-bymodeller

En 3D-bymodel har til formål, at visualisere de eksisterende og fremtidige bygnings- og landskabsmæssige strukturer i forbindelse med forskellige anvendelser og processer. Disse er oftest bundet til projekter, hvori der indgår elementer af planlægning, visualisering og analyse.

Målgruppen og brugere af 3D-bymodeller er bredt fordelt i den offentlige og private sektor. Udbredelse af 3D-bymodeller via internettet er primært rettet mod borgere, detailhandel og servicefag.

3D-bymodeldata er i dag oftest forankret i den kommunale administration, hvor de er skabt og ajourføres. Men såvel anvendelsesformer som målgruppe og brugere af 3D-data er ikke af statisk karakter. Der kommer hele tiden nye idéer til anvendelser, og nye aktører ser i stigende grad mulighederne i anvendelse af 3D-bymodeller. Et godt eksempel på dette er Google Earth.

Anvendelser

Herunder gives eksempler på de mest udbredte anvendelsesformer og målgrupper.

- At skabe et tredimensionelt byrum og landskab i forbindelse med:
 - planlægning - overordnet og detailplanlægning
 - vurderingsgrundlag - projekters indvirkning på bymiljøet (VVM/VVP)
 - grundlag for nye arkitekt-/anlægsprojekter
 - analyseværktøj til line-of-sight vurderinger (mobilmaster, vindmøller, 'spolerer' et planlagt byggeri udsigten og for hvem ?)
 - faglig sagsbehandling (byggesagsbehandling)
 - støjberegninger
 - borgerhøring/-inddragelse (skygge- og miljømæssige påvirkninger)
 - politisk beslutningsstøtte
 - formidling af data til virksomheder, projektudviklere og bygherrer



- At publicere 3D-data via internet som:
 - kommunikationsmiddel mellem private rådgivere og kommune
 - kommunikationsmiddel mellem erhvervsliv/borgere og kommune
 - markedsføringsmedie
- At anvende 3D-data i forhold til turisme og kulturliv,
 - f.eks. ved brug af 3D-visualisering i forbindelse med udstillinger, events og museums- og kulturarvsaktiviteter
- At anvende 3D-data ifm. forskning og undervisning som f.eks.:
 - arkitektuddannelse
 - samfundsvidenskabelig uddannelse
 - landinspektør- og ingeniøruddannelse
- At anvende 3D-data (bygning/landskab) ifm. med "det stående beredskab":
 - politi- og terrorberedskab
 - brandmyndighed
 - miljømæssige opgaver (Beredskabsstyrelsen, Miljøkontrollen)

Målgrupper

Målgrupperne for brug af 3D-data spænder vidt, som nedenstående eksempler vidner om:

- byplanlægning
- miljø- og byggesagsbehandling
- kort-/GIS
- fagligt og politisk beslutningsgrundlag
- museums- og kulturaktivitet
- beredskabsmæssig administration og indsats
- arkitekter
- projektarbejde indenfor anlæg/byggeri
- kommunikations- og teleselskaber
- turister og besøgende

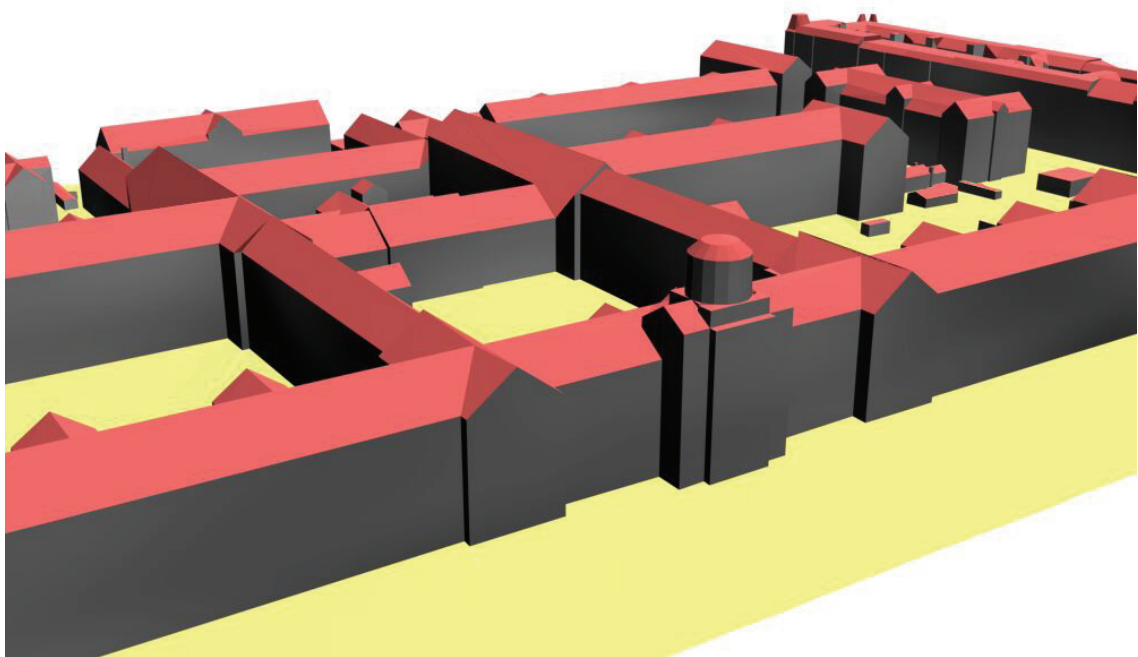


Definition af begreber

Den overvejende grund til, at der i stigende grad er fokus på etableringen af 3D bymodeller er et ønske fra flere sider om at få adgang til en rumlig referencemodel for planlægning, udvikling og nybyggeri. Dette har nødvendiggjort en stillingtagen til overordnede spørgsmål som:

- Hvad er en 3D bymodel?
- Hvordan beskrives den virkelige verden som en 3D bymodel?
- Hvor mange slags modeller/repræsentationer er der tale om?

I dette kapitel vil vi prøve, at give nogle svar på disse spørgsmål gennem en forholdsvis kort forklaring af en teoretisk referenceramme og en efterfølgende gennemgang af nogle vigtige definitioner på begreber, der knytter sig til dette område.



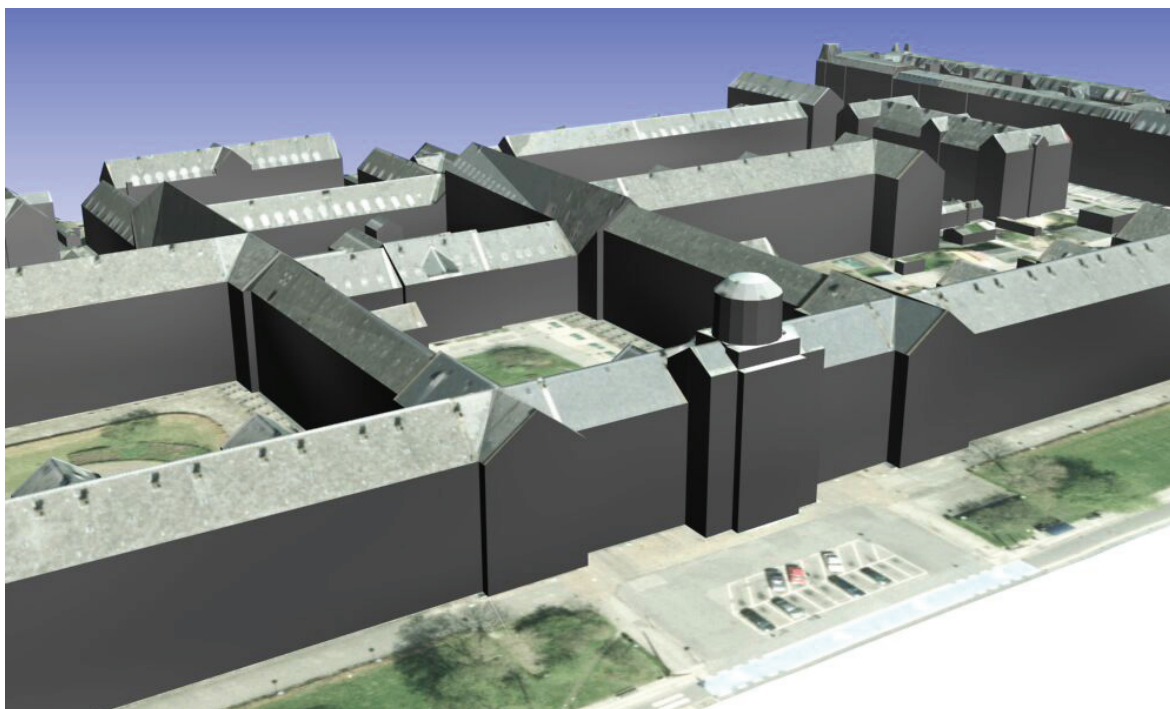
Vi ved godt, at vi i flere sammenhænge kommer til at hoppe over, hvor gærdet er lavest lige nu, og at det på ingen måde vil være nok til at forstå alt om, hvad en 3D bymodel er, og hvordan den kan være med til at løfte arven efter de mere traditionelle geografiske informationsmodeller som f.eks. papirkortet og de fysiske modeller i træ og pap. Til gengæld håber vi, at det, der står i dette kapitel, kan være med til at få styr på nogle begreber som trådmodel, flademodel og klodsmode.

Som i alle andre sammenhænge, så indikerer begrebet "model", at der er tale om en simplificering og generalisering af virkeligheden. Denne modellering er på ingen måde en simpel proces. For at komme fornuftigt igennem hele denne proces, så er det nødvendigt at introducere en fælles forståelse og nogle teorier om det at lave modeller af virkeligheden.

Den fælles forståelse kaldes også i visse sammenhænge for en ontologi. Den datalogiske betydning af ordet ontologi hænger sammen med et forsøg på at lave en samlet udtømmende beskrivelse inden for et givent emne - i dette tilfælde 3D-bymodeller. Men da aktørerne (producenter, ejere og brugere) kommer fra vidt forskellige steder og med vidt forskellige faglige forudsætninger, så kan det kun blive til et forsøg på at lave en vejledning, som alle kan forstå og forholde sig til.

Denne vejledning skulle gerne være en hjælp i den forbindelse, men er i første omgang kun tænkt som en guide til producenter og (kommende) ejere af 3D-bymodeller så man har et fælles grundlag at diskutere behov og krav ud fra.

Hvis man virkelig vil forstå 3D bymodeller som en ontologisk klasse, så er man nødt til at studere fænomenet gennem litteraturen og i lang tid arbejde med data, der repræsenterer 3D bystrukturer. Derefter kan man opbygge sin personlige model med objekter og klasser og gå ud i verden for at opsøge andre med hvem man kan sammenligne sin model. På den måde kan der i sidste ende danne sig en egentlig ontologi indenfor 3D bymodeller.



Nogle gange lader det sig også gøre at lave genveje til fælles ontologier gennem standardiseringsarbejde og lignende aktiviteter. I den forbindelse er der som regel tale om egentlige begrebsforklaringer og definitioner. På 3D-bymodel området er der specielt to igangværende standardiseringsinitiativer, som er værd at bemærke.

Det ene foregår i regi af Open Geospatial Consortium (OGC), der lige nu arbejder på en specifikation af CityGML som standard for 3D-bymodeller indenfor den traditionelle geospatiale forståelse. For en uddybning af CityGML se: <http://www.citygmlwiki.org>.

Det andet arbejde er i regi af International Association of Interoperability (IAI), som har beskrevet en specifikation (IFC) for et dataformat til udveksling af information om byggeri og forsyning. For en uddybning af IFC se: <http://www.ifcwiki.org>.

På det seneste er der kommet endnu et interessant emne på banen i forbindelse med diskussionen om fremtidens format for både 2D og 3D strukturer samt annotationer på kort og virtuelle glober. Det er Googles interne format for Google Maps og Google Earth. Det kaldes Keyhole Markup Language (KML) og stammer oprindeligt fra firmaet Keyhole (nu overtaget af Google), der er forløberen for Google Earth. Det er endnu for tidligt at sige noget om, hvor diskussionerne og praksis fører os hen, men i hvert fald har Google bedt Open Geospatial Consortium om at gå i gang med arbejdet med at få gjort KML til en OGC specifikation. Arbejdet kan følges på OGC's hjemmeside.

For en uddybning af KML se: <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>

Meningen med denne vejledning er ikke at kunne forstå den fulde sammenhæng mellem den øjeblikkelige situation for produktion og brug af 3D-bymodeller i Danmark og så de internationale og mere overordnede tiltag, der i disse år præger udviklingen. Men det er vigtigt at vide, at der til stadighed arbejdes på at standardisere både indholdet af informationsmodellerne og grænsefladerne imellem de forskellige modeltyper og softwareplatforme. Uden dette arbejde ville det være meget svært at komme videre med udbredelsen og anvendelsen.

Fra virkelighed til en implementeret 3D bymodel

Man taler om en såkaldt 4-lags model, når virkeligheden skal repræsenteres i en computer. Først er der virkeligheden, der beskrives i en overordnet virkelighedsmodel. Når emnet er 3D-bymodeller, er der som regel tale om en geografisk lokalitet som f.eks. selve byen, som det drejer sig om.

Men på dette mere overordnede niveau, og for at kunne forstå overgangen til den konceptuelle model af byen, som vi bruger tid på at omtale i denne vejledning, så er det nødvendigt at skelne mellem nogle forskellige repræsentationer af modeller, som vi forbinder med den verden, vi lever i. Et forslag til opdeling af vores verden kunne være følgende:

- Terrænmodel
- Bygningsmodel
- Andre modeller

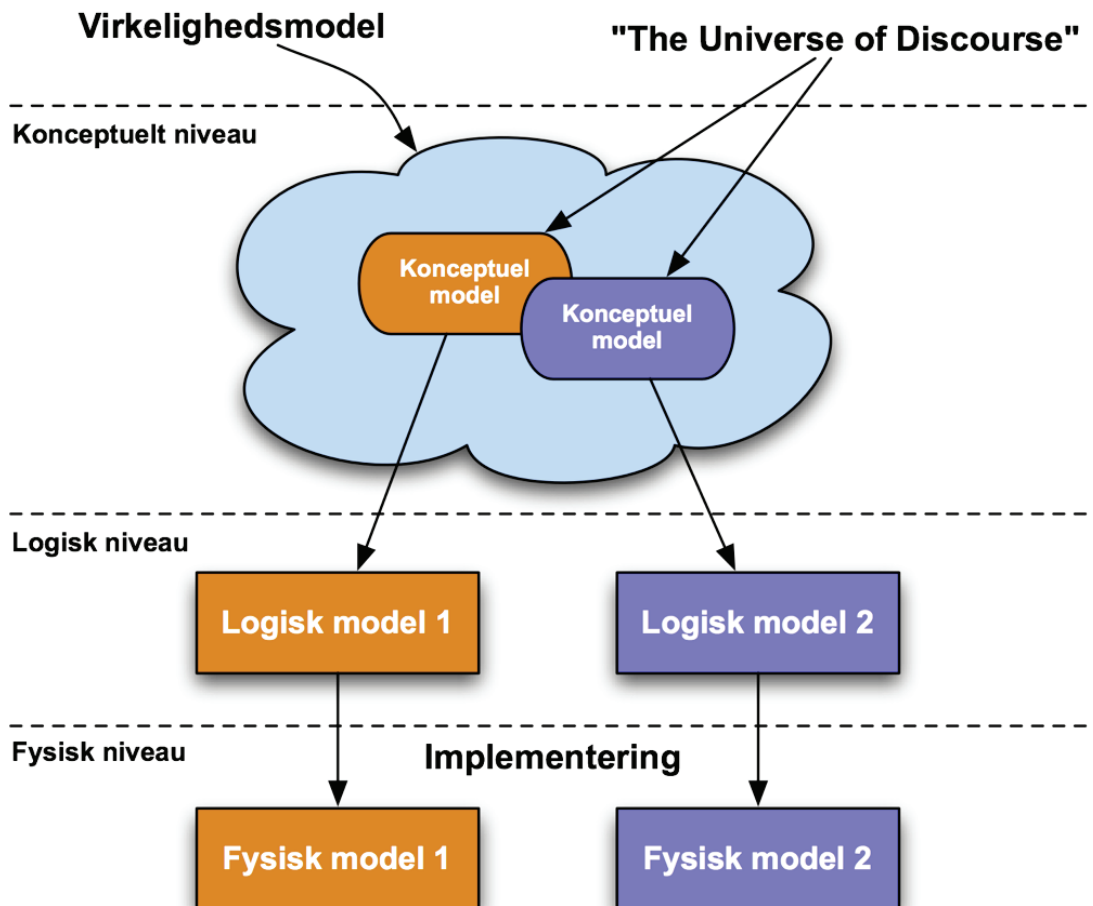
Ved en terrænmodel vil vi forstå en model af den fysiske terrænoverflade beskrevet ved geometriske grundelementer og eventuelt kontekstafhængige teksturer.

Bygningsmodeller beskriver den enkelte bygning ved hjælp af geometriske grundelementer, evt. forskellige fladeillustrationer såsom teksturer og en tilhørende informationsmodel. De andre modeller kan beskrive trafik, beplantning, byudstyr, løsøre eller hvad, der ellers måtte være relevant i den givne sammenhæng.

En 3D-bymodel er som regel en blanding af disse tre typer af modeller. En god 3D-bymodel har elementer af alle tre model-kategorier, men man kan sagtens se 3D-bymodeller, der kun dækker en eller to af disse kategorier.

Som en del af virkeligheden dannes en konceptuel model af det pågældende diskursområde. Et diskursområde kan f.eks. være "alle bygninger" eller "den trafikale infrastruktur". På figuren nedenfor vises alle fire lag. Den vil være udgangspunktet for de efterfølgende afsnit i dette kapitel.

Virkeligheden



Den konceptuelle model er som regel delt op i en geometrisk model og en semantisk informationsmodel. Dette er på tegningen vist i to forskellige farver (blå og orange). Til den geometriske model kan der vælges mellem en række typiske modeller såsom en trådmodel, en flademodel, en klodsmode og en overflademodel (se afsnittet senere i dette kapitel om de geometriske repræsentationer).

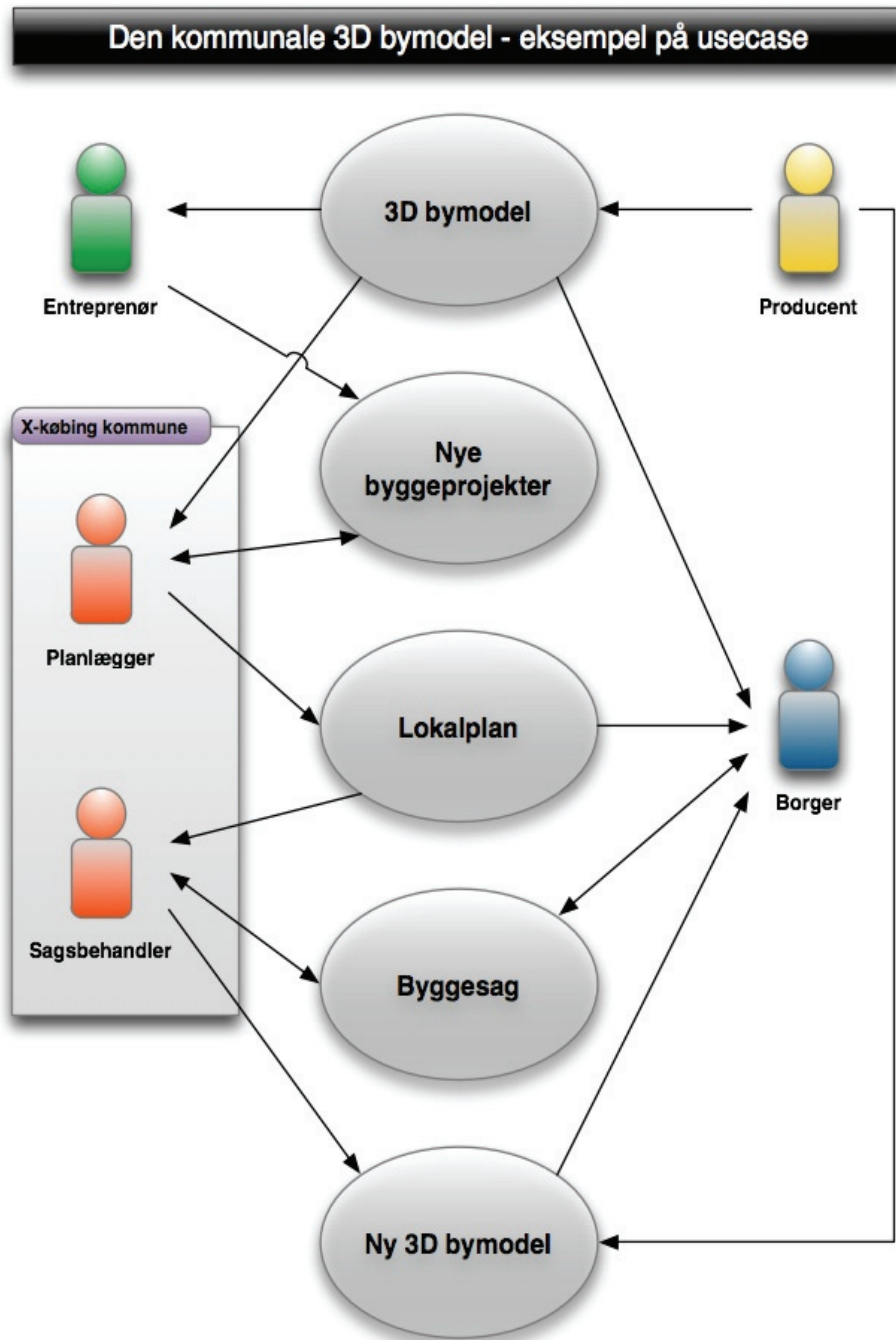
Den semantiske informationsmodel beskriver formålet med 3D-bymodellen og hvilke informationer, der skal være tilgængelige om modellen, når den endelige løsning er implementeret. Det er vigtigt at have beskrevet netop denne informationsmodel, fordi den kan have en konkret betydning for både rekvirenten, producenten og for brugerne af 3D-bymodellen.

Hvis rekvirenten er en kommune, så ligger det jo lige for, at de forskellige forvaltningsområder melder tilbage med deres krav og ønsker til en 3D bymodel. Det er vigtigt at gøre klart, om der udelukkende er æstetiske ønsker til en bymodel eller om der også fra visse forvaltningsområder er et ønske om at kunne udpege enkelte bygninger, og/eller om modellen skal kunne knyttes sammen med indholdet i ejendomsregistre via bestemte georeferencer. Disse diskussioner er især vigtige, hvis man fra en kommune har forventninger om, at 3D-bymodellen skal være et vindue til kommunen udefra. Skal borgere og andre virtuelle besøgende kunne "genkende" torvet og gadeforløb og hente inspiration til nye udviklingsprojekter? Eller skal brugere kunne finde turistinformationer via nogle klik i modellen?

Alle disse forskellige formål fastlægges og beskrives med den semantiske informationsmodel. Forskellige metoder og værktøjer kan bruges i denne fase og de kræver selvfølgelig alle, at der afsættes ressourcer til netop denne del af udviklingsarbejdet.

I nedenstående figur vises et eksempel på en usecase. En usecase er et konkret eksempel på et redskab hentet fra UML (Unified Modelling Language), der efterhånden er udbredt indenfor systemudviklingen, og især anvendes netop til den konceptuelle informationsmodellering. I den konkrete usecase arbejdes med aktører (de farvede personfigurer) og så de forskellige processer (informationsstrømme), der skal beskrives. Det er klart, at en usecase, som den viste, kan deles op igen i mange delprocesser, ligesom der kan tegnes mere overordnede diagrammer.

Mange kalder denne del af udviklingen for en forretningsmodel, fordi den fastlægger kunder, producenter, leverandører og de varer (processerne), som det handler om. For en uddybning af begrebet informationsmodellering vil vi gerne henvise til Lars Brodersens nyeste bog: Kommunikation med kort – informationsdesign og visualisering (2008). Læs mere om den på: <http://www.geokommunikation.dk/kort>

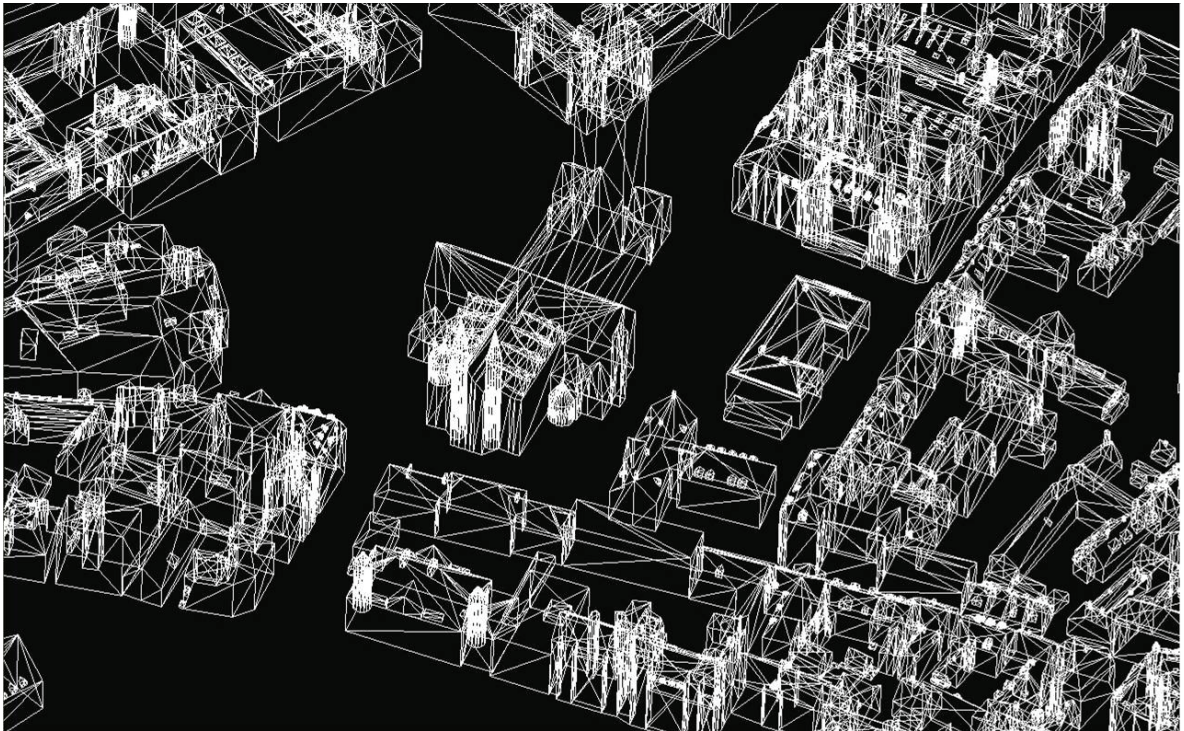


Den anden konceptuelle model - den geometriske model - kan deles op i forskellige typer af repræsentation. Her gælder det om at beskrive den nødvendige viden om 3D-geometri og forskellige måder at producere modellen på.

En 3D-bymodel bestemmes/beregnes således ud fra en række forskellige målinger, som kan være baseret på f.eks. luftbåren/terrestrisk laserscanning, fotogrammetri, landmåling m.m. eller blot være et fysisk udskåret objekt/model.

I denne sammenhæng kan 3D-modeller overordnet kategoriseres på følgende måde:

- Opsamling af punkter, som kan viderebearbejdes til:
 - Trådmodeller
 - Flademodeller
 - Klodsmodeller / polyedermodel
 - Terræn/overflademodeller



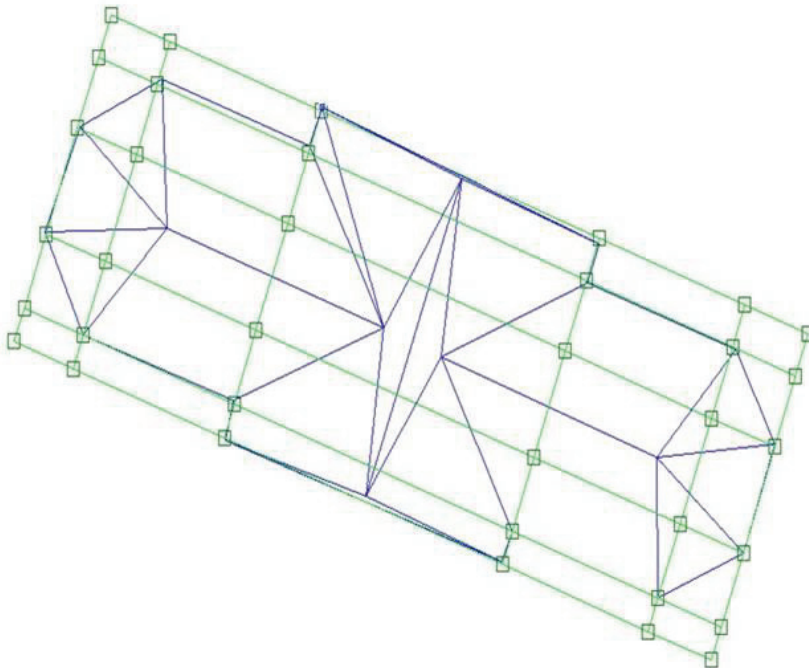
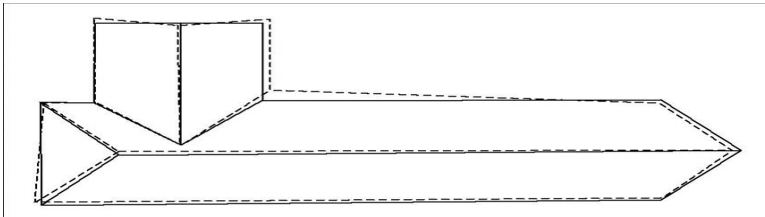
- Fysiske 3D-modeller som f.eks.:
 - Manuel udskæring i flamingo
 - 3D-printning
 - Udfræsning af 3D-modeller

I begge ovenstående tilfælde er en 3D-model en visualiserbar (evt. digital) 3D-model af et objekt. Således er f.eks. en digital 3D-CAD-model en 3D model, hvorimod et billede af den samme terning ikke er en 3D-model.

Der findes mange andre definitioner i forbindelse med 3D, men det er udenfor denne vejlednings rammer at beskrive dem.

Geometriske repræsentationer

For at kunne visualisere den virkelige og ofte komplicerede verden er det nødvendigt at opdele/underopdele denne verden i detaljer, der kan beskrives ved hjælp af en matematisk model og de grundbegreber, der er til rådighed – punkter, vektorer – flader og polyeder.



Punkt

Punkter er det grundlæggende element i 3D-verdenen, som vil være indsamlet vha. laserscanning fra fly, opstilling på jorden, fotogrammetri eller på anden vis. Punkterne kan være klassificeret på forskellig vis, f.eks. indsamlingsmetode eller reel kodning, men det er ikke absolut nødvendigt for at skabe den afsluttende 3D-model.

Vektorer

I det, der populært kaldes en trædmødel, er det enkelte objekts ydre afgrænsning beskrevet vha. vektorer, der forbinder et antal punkter. Vektorer kan være klassificerede f.eks. svarende til punktklassificeringen eller svarende til den enkelte vektors betydning i bygningen – tagkant, bygningsdetalje, etc.

Flader

Der kan defineres to typer flader:

- Den eksakte plane flade, der er genereret ud fra de faktiske målinger, og som altid vil være en trekant.
- Den udjævnede plane flade, der er genereret af mere end 3 målte punkter.

Fladernes samlede ydre afgrænsning består som oftest af elementer iht. ovenstående beskrevne punktdefinition og vektordefinition. Fladerne kan være klassificerede svarende til f.eks. vektorernes klassificering eller svarende til den enkelte flades funktion i objektet såsom tag, væg, gulv etc.

Polyeder

I en polyedermodel er det enkelte objekt dannet ved sammensætning af et antal flader til et polyeder, der populært kaldes en klods. Det enkelte polyeder kan være klassificeret f.eks. efter funktion(bygningsskrop, skorsten, etc.) eller efter anvendelse (skole, garage, beboelseshus etc.).

Objekt

Et objekt kan opfattes som en række grundelementer (punkt – vektor – flade – polyeder), der er samlet til én entitet og derfor opfattes som en enhed – f. eks et træ, et hus osv.

Overflademodeller

Overflademodellerne kan deles i to typer. Det er terrænoverfladen og selve overfladen med vegetation, bygninger m.m. Den første benævnes Digital Terræn Model (DTM) og den anden benævnes Digital Surface (eller Overflade) Model (DSM). Begge er de udtryk for en interpoleret (generaliseret) matematisk model baseret på en sampling af observationer. Disse observationer kan være punkter målt ved laserscanning eller det kan være højdekurver og/eller andre opmålinger af højdeinformation i et område.

En DTM kan umiddelbart bruges i sammenhæng med en produceret 3D-bymodel og kan på den måde spille en vigtig rolle i den samlede semantiske informationsmodel for 3D-bymodellen. En DSM er derimod et lidt mere specielt produkt. Den kan f.eks. umiddelbart bruges ved modellering af mobile og trådløse netværk. En forholdsvis ny anvendelse af disse overflademodeller (DSM) er fuldautomatiske processer for generering af 3D geometrisk strukturer. På den måde kan en DSM få en meget vigtig rolle i hele fremstillingen af 3D-bymodellen.

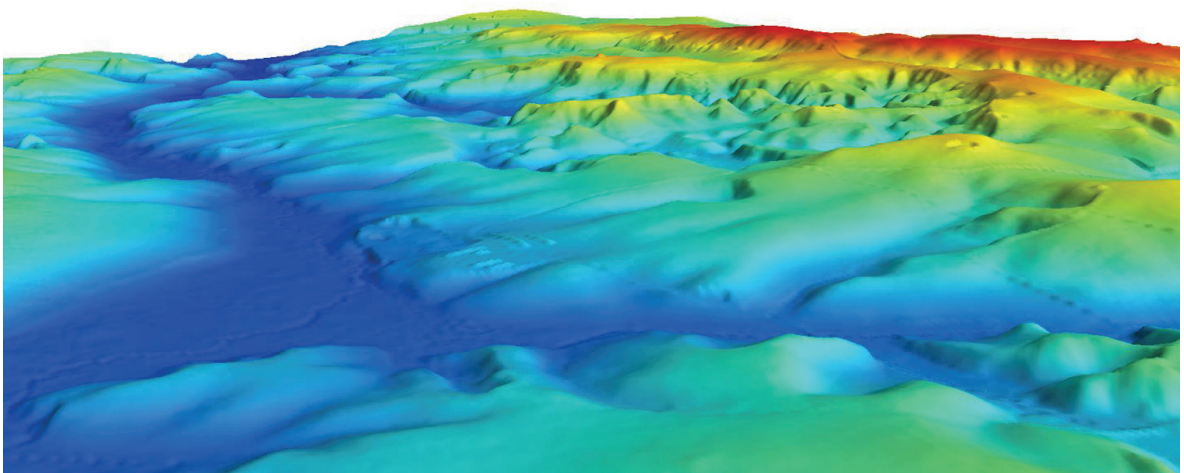
Digital Terræn Model (DTM)

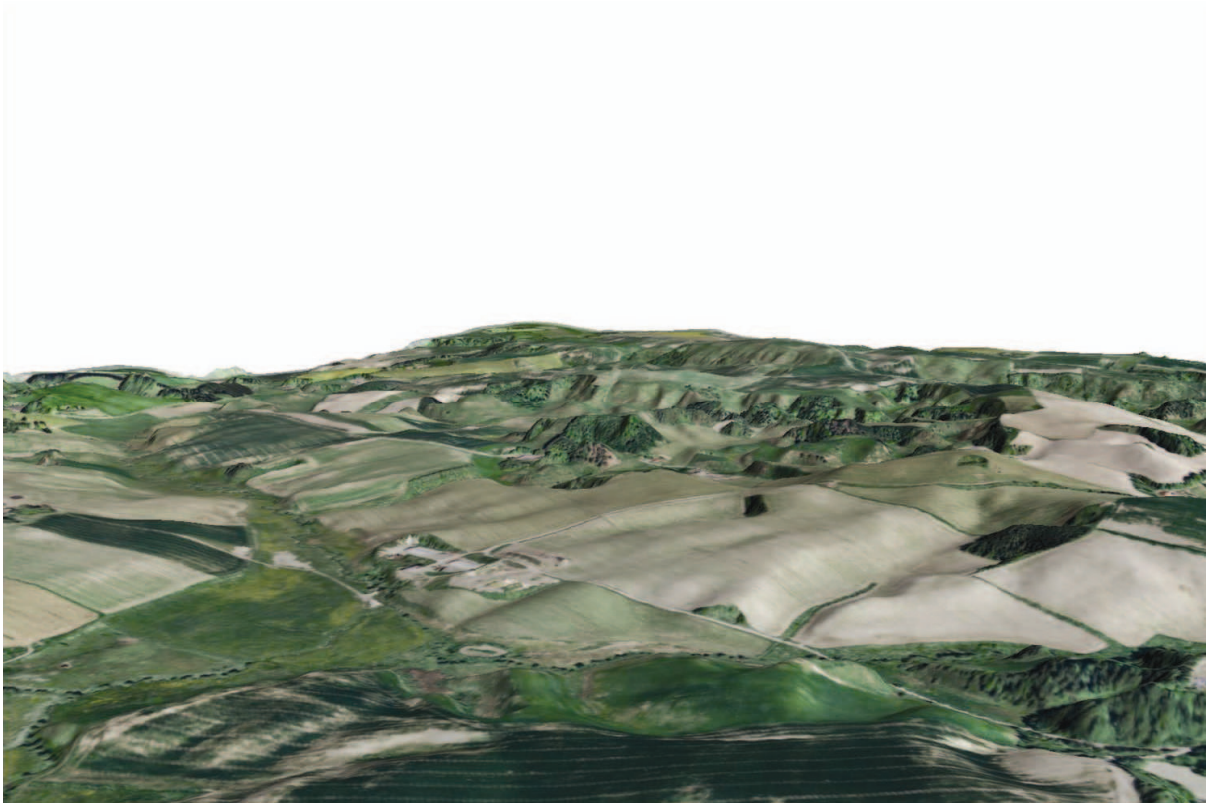
En digital terrænmodel er, som navnet siger, en model af terrænet. Denne model kan være mere eller mindre detaljeret. I sammenhæng med 3D-bymodeller er det absolut en fordel, at modellen er så detaljeret og præcis som mulig. Detaljerede landsdækkende DTM-data er tilgængelig - i en overlegen nøjagtighed - hos flere leverandører, så grundlaget skulle være i orden.

Digitale terrænmodeller måles i dag primært ved anvendelse af laserscanning, men kan naturligvis også etableres ved anvendelse af fotogrammetri. Fordelen ved laserscanning er den høje nøjagtighed, der opnås på specielt befæstet terræn (4-6 cm).

Hvad skal denne terrænmodel så anvendes til i forbindelse med 3D-bymodeller?

- Generelt måles 3D-bymodeller ved måling af omrids af tag samt al tagkonstruktion på taget. Disse målinger projiceres herefter ned på terræn for at opnå de lodrette "vægge". Denne metode er afgørende hurtigere end egentlig måling og samtidig væsentlig mere nøjagtig. Dog med den viden in mente, at taget er målt ved tagudhæng og at der derved ikke i 3D-bymodellen optræder tagudhæng.





- Terrænmodellen vil også finde anvendelse ved visualisering af selve modellens terrænoverflade enten i grid med én farve eller ved draperet ortofoto, hvilket giver en fin rumfornemmelse.

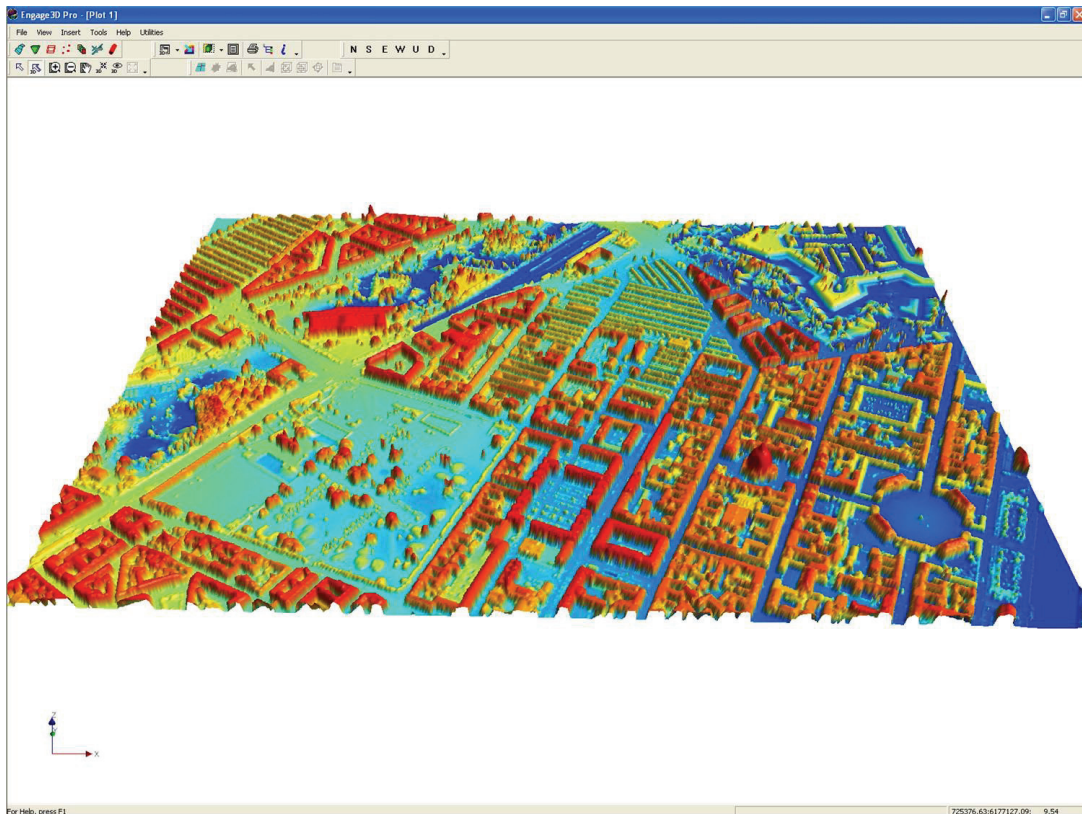
Der vil naturligvis altid være områder, hvor der er ændret i terræn, så de eksisterende terrænmodeller ikke helt lever op de aktuelle krav. Det er derfor vigtigt at kende etableringsdato for den terrænmodel, der anvendes i forbindelse med 3D-bymodellen. Hvis der er sket større ændringer i terræn, kan det blive nødvendigt med supplerende målinger/ajourføring af en eksisterende terrænmodel (hvis denne haves in-house).

Det er endvidere også en god ide, at kende til modellens kvalitet, herunder scannerens tekniske specifikationer, flyvehøjde mm. Dette sammen med eventuelle kontrolmålinger giver et fint udtryk for terrænmodellens kvalitet/nøjagtighed.

Digital Surface Model (DSM)

Når den Digitale Surface Model (DSM) omtales her, er det fordi den spiller en vigtig rolle i forbindelse med fremtidens 3D-bymodel. Der er mange oplagte anvendelsesmuligheder for brugen af denne model. For det første vil en DSM normalt være et godt sted at checke bygningshøjder og andre strukturer, der ikke umiddelbart lader sig checke uden brug af traditionelle landmålingsmetoder.

Der er også andre anvendelser, hvor det drejer sig om spredning af luftforurening eller modellering af gasudslip. Her er der ikke umiddelbart brug for en traditionel bymodel, men blot en nogenlunde nøjagtig repræsentation af bymodellens overflade. Det er også et produkt, der kan være nyttigt i forhold til modellering af havspejlsstigninger og hydrologi i øvrigt.



Logiske modeller og fysiske modeller

Når de konceptuelle modeller er fastlagt gennem en semantisk informationsmodel og en geometrisk model for 3D-bymodellen, så er næste skridt for modelleringen at fastlægge henholdsvis en logisk og en fysisk model. Det er som regel ikke en simpel opgave og kræver en vis datalogisk indsigt at få fastlagt en databasemodel (relationel eller objektorienteret) og sidenhen registrere og lagre data fysisk for modellen. Dette er opgaver, der som regel bliver udført af producenten – og data leveres efter samråd med kunden i et fastlagt format.

I visse tilfælde vil der gennem den konceptuelle datamodel blive udpeget nogle grænseflader mellem 3D-bymodellen og forskellige allerede implementerede systemer såsom GIS eller andre forvaltningsrelaterede databaser.

Modeltyper

3D-bymodeller kan klassificeres helt som al anden klassificering i kortproduktion.

Nedenstående klassificering er **ikke** at betragte som en regel eller standard, men blot et forsøg på klassificering i stil med TK- og FOT-standarderne, som vi kender dem i dag. Skiftet mellem de forskellige niveauer kan ikke entydigt defineres, og vil derfor ofte være glidende.

For så vidt angår nøjagtighed ved digitale 3D-bymodeller vil dette som ved al anden kortlægning afhænge af dataindsamlingsmetode og pixelstørrelse/GSD af flyfoto (GSD er en forkortelse af Ground Sample Distance, og er enheden, der anvendes ved digital fotografering, idet det ikke giver mening at tale om målforskel).

I denne vejledning er 3D-modeller klassificeret i 4-5 klasser, hvoraf den ene er en fysisk model, mens de øvrige klasser er baseret på fotogrammetrisk registrering via luftfoto.

Det er endvidere gældende for alle typer, at disse kan draperes med et tidssvarende ortofoto, hvilket gør modellen mere realistisk/naturlig.

Den fysiske model

Den fysiske model kender vi bl.a. som træmodeller eller flamingomodeller snedkeret af en person og ses stadig rundt omkring i forbindelse med diverse projekter. Denne form for model er simpel og i nogen grad primitiv, men er på den anden side stadig ganske anvendelig til nogle formål.

En anden form for fysisk model, kan være et afledt produkt af en egentlig digital 3D-model som f.eks. enten er printet på en 3D-printer eller fræset ud af et hårdt materiale.

Fælles for ovenstående modeller er, at de er svære at vedligeholde, og for træmodeller og flamingo modellens vedkommende med ganske ringe nøjagtighed. En fysisk model baseret på en digital 3D-model må derimod anses at have en fin nøjagtighed afhængig af målforskel mm.

3D-model - type 1

Den vel nok mest simple 3D-model er type 1, som er en "klodsmodel" baseret på eksisterende bygningspolygoner f.eks. fra det tekniske kort, hvor der tilføjes en kote til tag, hvorefter der nedfældes lodret til terræn.



Dette vil i 3D-sammenhæng blive vist som "kuber" og se ganske primitivt ud, men med enkle metoder/midler kan denne type model visuelt forstærkes. Såfremt der eksisterer et ortofoto over området, vil der kunne draperes ortofoto på både bygningstage og på terræn. Drapering af billeder på tagene giver en ganske god fornemmelse af tagformer mm.



Type 1 modellen tager sig bedst ud på afstand og giver et fint indtryk af byrum. Type 1 er et godt alternativ til type 2 som kulisse (omkringliggende model) til en detaljeret model i type 3 eller 4. På den anden side indeholder denne modeltype en lang række begrænsninger, som giver anledning til overvejelser:

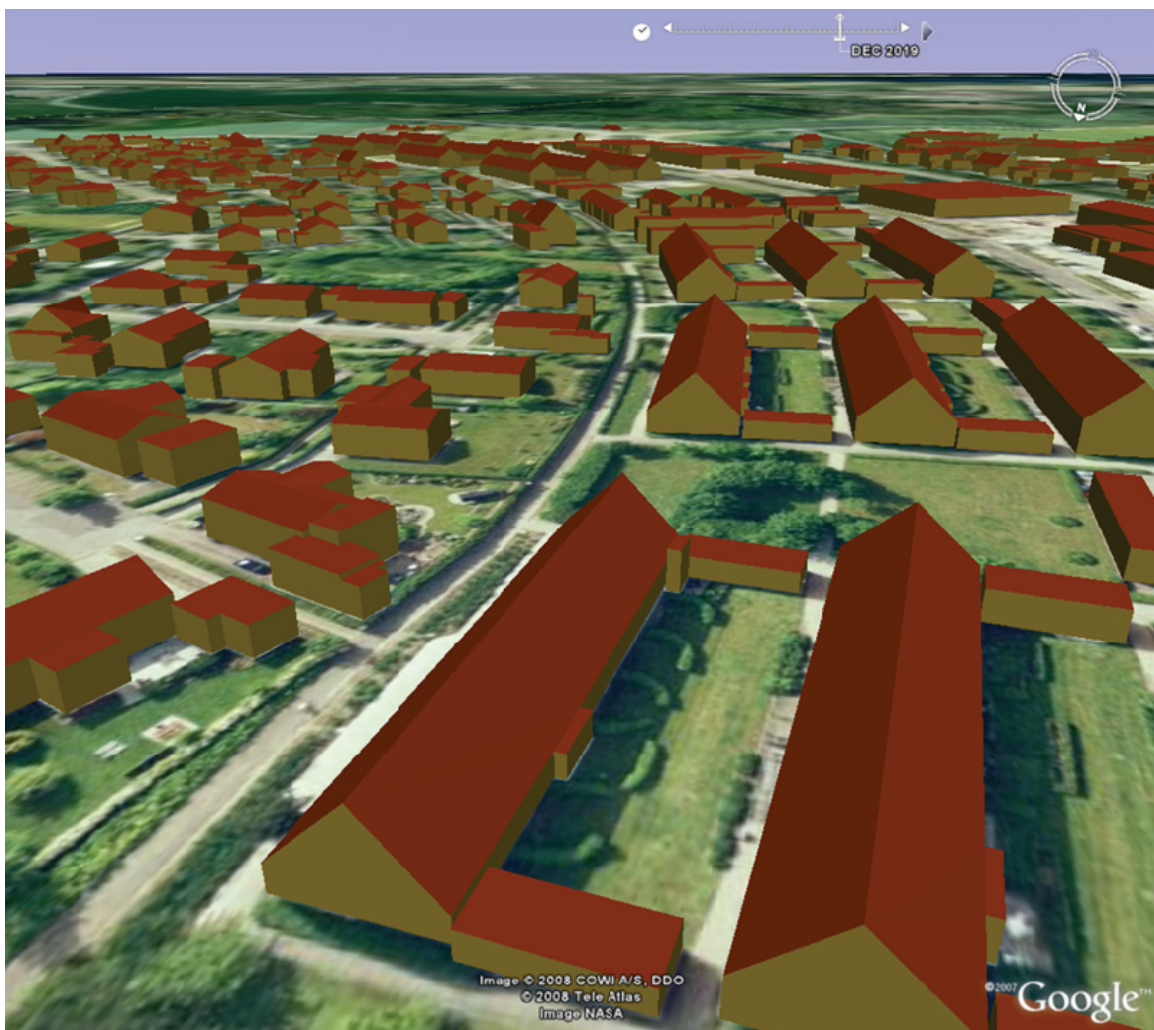
- skal modellen anvendes til skyggeberegninger ?
- "line-of-sight" analyser, pga. bygningernes form ?
- definition af bygningens højde (højest punkt på bygning, middel-kote eller de faktiske koter på bygningshjørner) ?
- skal bygningsspring/adskillelser indgå ?

3D-model - type 2

I forhold til type 1 adskiller type 2 sig ved at de mest basale tagflader måles. Eksempelvis vil vi her måle og dermed kunne se om taget er et "saddeltag" eller fladt tag. Endvidere måles markante tagkonstruktioner som f.eks. større karnapper og tårne. Bygningerne i modellen vil alle være enten nymålte, eller dannet med udgangspunkt i f.eks. bygninger fra det tekniske kort, hvor omfangspolygonen er grundlag for den videre bearbejdning.

Type 2 modellen vil egne sig endnu bedre som kulisse end type 1. Af overvejelser til type 2 kan bl.a. nævnes:

- definition af markante tagkonstruktioner, samt mindstestørrelser for disse
- mindste størrelser på bygninger
- datagrundlag, herunder opløsning i ortofoto
- opgraderingsmuligheder til type 3 eller 4.



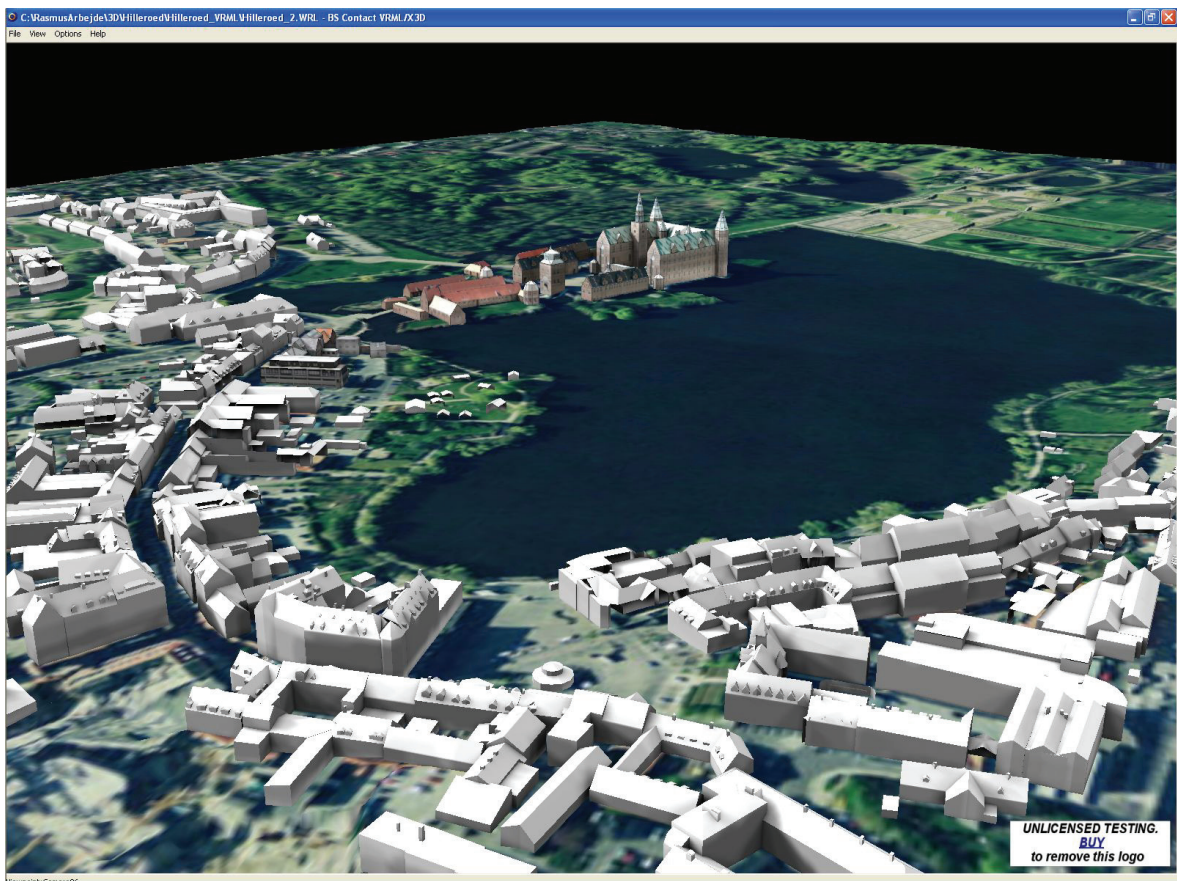
3D-model - type 3

3D-bymodel type 3 er i princippet den samme som type 2 dog suppleret med en lang række tagdetaljer, som er defineret med mindstestørrelser efter aftale med rekvirenten. Det er vigtigt at understrege, at disse mindstestørrelser ikke læner sig op af en egentlig specifikation, men mere læner sig op af et specifikt behov. Disse behov kan være meget forskellige fra rekvirent til rekvirent, og det vil derfor i denne vejledning ikke være relevant at specificere mindstestørrelser mm.

Afgørende for type 3 - og type 2 for den sags skyld - er, at det altid vil være muligt at "opgradere" til en højere detaljeringsgrad uden store ulemper for leverandøren.

Type 3 overvejelser:

- mindstestørrelser for tagdetaljer
- mindstestørrelser for bygninger
- datagrundlag, herunder opløsning i ortofoto
- anvendelse til produktion af True Orthophoto



3D-model - type 4

3D-model type 4 er rent geometrisk identisk med type 3. Type 4 adskiller sig fra de øvrige modeltyper ved at være tekstureret mere eller mindre detaljeret. Dette betyder dog ikke at de øvrige 3D-modeltyper ikke kan tekstureres, som f.eks. beskrevet ved 3D-model type 1. Se også under optioner nedenfor.

Der findes forskellige detaljeringsgrader af tekstur lige fra skråbilleder, der er sat groft på som tekstur, til digitale billeder taget med håndholdte kameraer og herefter skåret til, så de passer eksakt til bygningskroppe, og hvor evt. biler og andre genstande er fjernet fra billedet.

Type 4 overvejelser:

- optioner, f.eks. byudstyr
- datagrundlag, herunder opløsning i luftfoto
- bygværker mm.
- tekstur - lodbilleder / skråbilleder / terrestriske billeder / "standardbiblioteks-teksturering"
- anvendelse til produktion af True Orthophoto



Tillæg/optioner

Tillæg/optioner kan i princippet vælges til alle modeltyper, men skal dog stå i forhold til datagrundlaget for 3D-bymodellen. Eksempler på mulige tillæg/optioner gives i nedenstående.

Detaljer af bygningsmodellen:

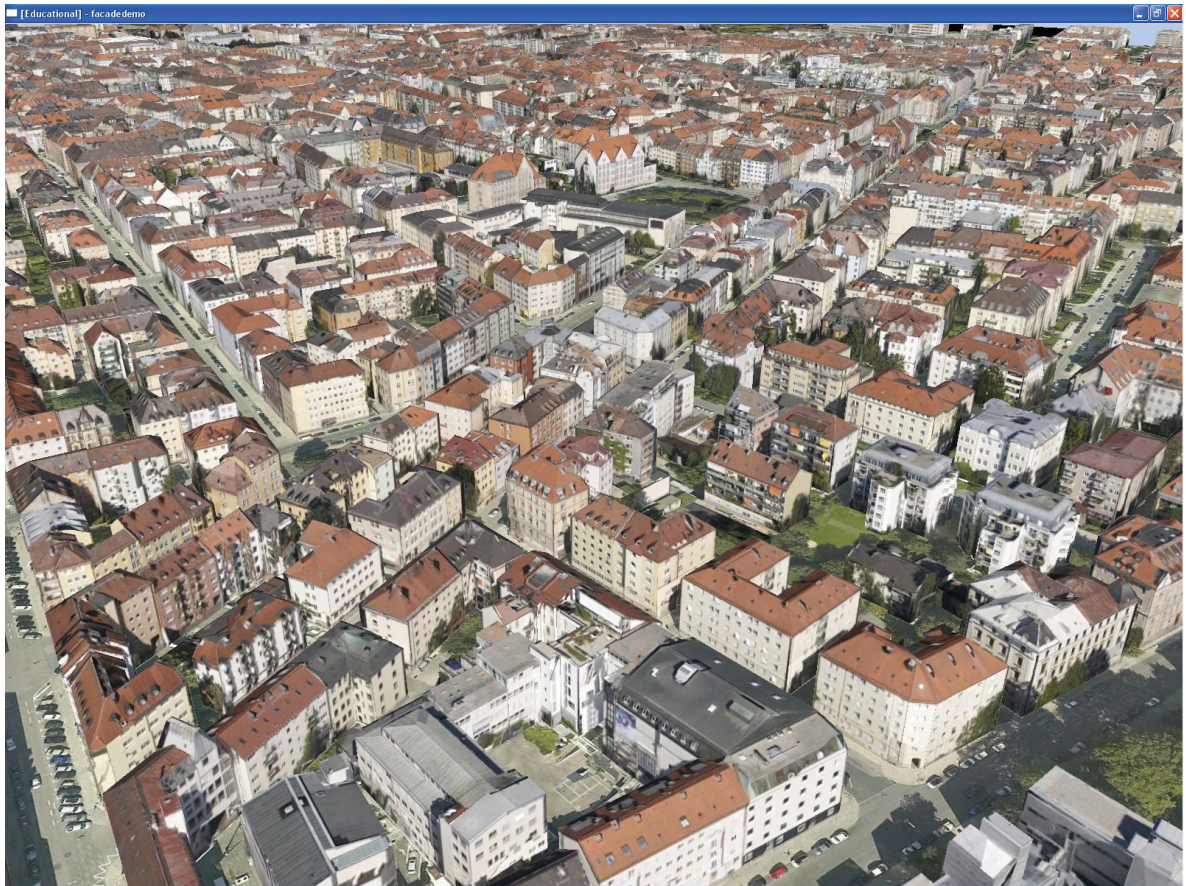
- Udskæring af porte, broer mm.
- Altaner
- Tagudhæng
- Kældre

Beplantning:

- To eller flere lodrette firkanter, som kan have følgende egenskaber: højde, kronens største udstrækning og trætype.
- En horisontal cirkel i kronens ydre afgrænsning placeret i kronens højde.
- Punkt i træets toppunkt.
- Computergenereret flademodel af det enkelte træ.

Byudstyr:

- Skilte
- Bænke
- Skraldespande
- Master
- Lyssignaler
- Overflade signatur, f.eks. kørebaner
- mm.



Teksturering:

- Lod-, skrå- eller terrestriske billeder

3D-bymodeller i praksis

Grundlaget for dette kapitel er en spørgeskemaundersøgelse foretaget blandt et udvalg af de kommuner, som besidder og anvender 3D-bymodeller. I det følgende fremhæves de tendenser, der kan udledes af spørgeskemabesvareelserne.

Spørgeskemaets fokus var på:

- anskaffelse - initiering, organisation og implementering
- fakta om produktet (producent, areal og specifikationer)
- anvendelse og distribution af data
- vedligehold/ajourføring
- erfaringer

Anskaffelse - initiering, organisation og implementering

Generelt er baggrunden for anskaffelsen af 3D-bymodeller hos kommunerne en intention om at bruge modellen som et beslutningsstøtte-værktøj, hvormed det er muligt i højere grad end tidligere at kunne visualisere idéer og projekter på en illustrativ måde, og at kunne visualisere nybyggeri i eksisterende bymiljøer inden ændringerne gennemføres. Anskaffelsen er oftest initieret i teknisk forvaltning.

Administration og vedligehold af 3D-bymodellerne er hos kommunerne oftest forankret i de afdelinger, som i forvejen administrerer kort- og geodata. Selve anvendelsen af 3D-bymodellerne er oftest forankret i et samspil mellem kort- og geodataafdelingerne og byplanafdelingerne, men tendensen er, at anvendelsesformerne og brugerne af 3D-data ikke er af statisk karakter. Der kommer hele tiden nye idéer til anvendelser, og nye aktører ser i stigende grad mulighederne for anvendelse af 3D-bymodeller.

Fakta om produktet

De adspurgte kommuner har alle benyttet sig af danske producenter ved anskaffelsen af 3D-bymodellen. Omfanget (arealstørrelse og "modelspecifikation") af 3D-bymodellerne varierer kommunerne imellem, men generelt kan siges, at modellerne som minimum omfatter bymidterne. Modellerne hos de adspurgte kommuner består som minimum af:

- en bygningsmodel (bygninger, tank/siloer og drivhuse) med grove bygningsdetaljer (karnapper, skorstene) i en tråd- og flademodel
- en laserskannet terrænmodel

Herudover er der modeller, som også omfatter detaljer som bevoksning (enkelttræer og skove) og diverse byudstyr.

Anvendelse og distribution af data

Den mest udbredte anvendelse af 3D-bymodellerne er hidtil foregået i byplan- og byggesagsafdelingerne, hvor 3D-bymodellerne danner geometrisk grundlag for modellering og visualisering af fremtidige by- og landskabsmæssige projekter. 3D-modellen kan således betragtes som illustrationsgrundlag for sagsbehandlere og beslutningstagere. Eksempler på typiske anvendelser af 3D-bymodeller omfatter:

- Modellering og indpasning af byggeprojekter i eksisterende bymiljø
- Støtte til vurdering af bygetilladelse – eksempelvis ift. skyggeberegninger
- Grundlag for politiske beslutninger og borgerhøringer
- Grundlag for arkitektkonkurrencer

I takt med at anvendelsen af 3D-bymodeller breder sig, kommer der stadig flere nye anvendelsesmuligheder på banen som f.eks. støjudbredelsesmodelleringer og visualisering/simulering af stormflodsberedskab.

De adspurgte kommuner distribuerer alle 3D-data til 3. part. Almindeligvis udleveres data gratis til konsulenter, der arbejder for den pågældende kommune, samt til ikke-kommerciel brug (studenterprojekter og lign).

Vedligehold/ajourføring

Der er stor forskel på, hvordan og hvor ofte de adspurgte kommuner vedligeholder deres 3D-bymodel. Fakta er dog, at det endnu ikke er praksis, at vedligehold foregår som løbende sagsorienteret ajourføring. I stedet ajourføres modellerne fotogrammetrisk, hvor ajourføringsintervallerne er forskellige kommunerne imellem. Det er derfor også begrænset, hvor meget arbejdstid, der bruges på vedligehold af 3D-bymodellerne hos kommunerne, hvor ressourcerne i stedet bruges på udbud, produktionskontrakter og kvalitetskontrol.

Erfaringer

Tendensen hos de adspurgte kommuner er, at 3D-bymodellerne bliver brugt mere og mere, og at de er blevet et fast værktøj, som indgår i de fleste større projekter. I de politiske miljøer er der blevet taget godt imod 3D-bymodellerne, og efterspørgslen på 3D data er øget fra samarbejdspartnere og eksterne interessenter.

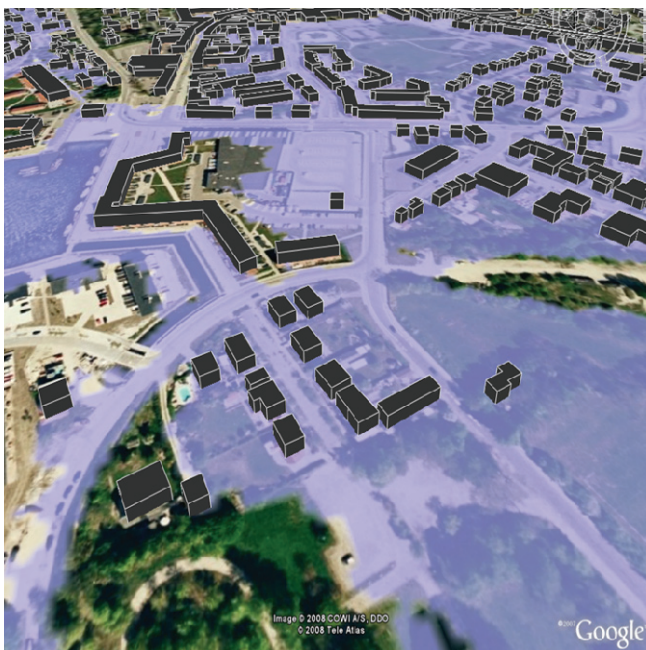
Det understreges dog fra flere sider, at man som ny erhverver nøje skal overveje, hvad modellen skal bruges til og hvilke softwareprodukter, der skal bruges til håndteringen af data, før 3D-bymodellen bestilles. På den måde sikres det, at data bliver leveret til de givne behov. Det er også vigtigt, at der ansættes specialister med de rigtige kompetencer til at håndtere 3D-bymodellen.

Udveksling af 3D data

Udveksling af 3D-data er en fast bestanddel af det at have en 3D-bymodel. Behovet for dataudveksling er til stede dels i forbindelse med levering/ajourføring af data fra producent til køber, dels i forbindelse med videregivelse/salg af data til 3. part (arkitekter, bygherrer, studerende m.fl.).

Som verden ser ud i dag, er mulighederne for dataudveksling af 3D-data ikke optimal, idet dataudveksling i høj grad er præget af enkeltaktørers dominans på markedet og af manglende standardisering af udvekslingsformater. Disse barrierer medfører, at kommunikation på tværs af programmer i mange henseender er vanskelig. I fremtiden vil GML-standarden dog sandsynligvis gøre kål på disse uhensigtsmæssigheder. Standarden er imidlertid ikke implementeret i Danmark endnu. Derfor må vi i denne vejledning både forholde os til praksis for dataudveksling p.t., og hvad vi kan forvente os mht. dataudvekslingsformater i fremtiden.

Sigtet med dette kapitel er for det første at skabe overblik over de udvekslingsformater, der eksisterer i relation til 3D-bymodeller i dag, og hvor der kan indhentes uddybende oplysninger om de enkelte formater. For det andet søges det at give et indblik i praksis for dataudveksling i dag og de erfaringer, der er gjort i den henseende aktørerne imellem. Kapitlet afrundes med en vurdering af, hvad vi kan forvente i fremtiden.



De mest udbredte udvekslingsformater i dag

I nedenstående tabel oplistes de mest udbredte udvekslingsformater med kommentarer om anvendelighed.

Udvekslingsformat	3D Softwareunderstøttelse	Fakta
DXF/DWG	Alle større CAD/GIS og visualiserings softwareprodukter.	Meget udbredt udvekslingsformat. Kan ikke håndtere topologiregler, objektorienterede datamodeller, tekstur m.m. DXF er ASCII format
DGN (v7 og v8)	Bl.a. Microstation, Intergraph og ESRI produkter.	Kan håndtere topologiregler, objektorienterede datamodeller, tekstur m.m.
DSFL	Dansk format, hvor der skal bruges specialudviklede konverteringsapplikationer før softwareprodukterne kan læse dette format. FME kan ligeledes læse DSFL.	Er udviklet til udveksling af grundkort (TK99), men kan også anvendes til 3D-bymodeller uden tekstur. Anvendes kun i DK. DSFL er et ASCII format.
GML	De fleste større GIS og 3D software produkter har implementeret dette format. I skrivende stund med begrænset funktionalitet	Optimal standard til udveksling af geodata. Understøtter topologiske strukturer, attributter m.m.
MAX (3DS)	3D Studio Max formatet er tilknyttet den enkelte version af programmet – kan næsten kun bruges i 3D Studio Max. 3DS formatet er understøttet af mange visualiserings programmer. Kan ikke håndtere lange filnavne.	MAX og 3DS formaterne er velegnet til udveksling af visualiseringer. Dog bør der arbejdes i et lokalt koordinat system omkring 0,0. Fordi formaterne ikke kan håndtere lange koordinater som f.eks. UTM.

Praksis for dataudveksling i dag

Det format, der er mest udbredt til udveksling af 3D-data i dag, er af praktiske årsager dxf-formatet eller DSFL-formatet. Grunden hertil er, at de fleste platforme understøtter begge formater.

Da modelleringen eller ajourføring/vedligehold/rettelser i 3D-bymodeller i dag oftest foregår i en kombination af CAD program (eksempelvis Autocad) og 3D-visualiseringsprogram (eksempelvis 3DS Max), er DXF-formatet hensigtsmæssigt. DXF-formatet (og dette gælder også andre traditionelle formater) understøtter dog ikke fremtidens krav til understøttelse af topologiske sammenhænge, objektorienterede datamodeller, håndtering af tekstur m.m.

Uanset hvilket udvekslingsformat, der vælges, er det vigtigt at gøre sig overvejelser om, hvorledes data skal organiseres i filerne herunder f.eks.:

- Hvilke objekttyper tillades (de enkelte filformater har typisk flere objekttyper, der beskriver det samme f.eks. dxf har Polygon Mesh og Regions)?
- Hvilke typer polygoner er tilladt. Må data bestå af trekanten, firkanter eller polygoner med flere kanter?
- Hvordan skal data organiseres – dvs. hvilke lag/koder skal der anvendes til de forskellige objekter – f.eks. skal filerne deles op i vægge/tage og/eller bygninger?
- Sidst men ikke mindst er der krav til hvilke programmer, der skal kunne vise disse data. Det kan forekomme at filerne er korrekte, men at de kan ikke vises i det ønskede program.

ASCII formater (DSFL, 3DS, DXF) har desuden den ulempe, at koordinaterne bliver afrundet og dermed kan koordinaterne i et plan flersidet polygon blive afrundet, så det ikke længere er plant.

De nuværende udvekslingsformater har alle ulemper og fordele. Derfor bør man vælge format efter, hvilke behov man har.

Det faktum, at der ikke eksisterer et velegnet udvekslingsformat, har givet anledning til udvikling af et nyt format – CityGML, som er skræddersyet til udveksling af 3D-bymodeller – se næste afsnit.

Fremtidens udvekslingsstandard

CityGML

CityGML baserer sig på en åben datamodel efter reglerne for XML. Det er et udvekslingsformat på linje med andre typer af XML. Det er samtidig et applikations-skema for GML3 (Geography Markup Language ver. 3.1.1). GML3 er den internationale standard for udveksling af geoinformation udviklet og udsendt af Open Geospatial Consortium (OGC) og endvidere støttet af ISO TC211.

Målet med udviklingen af CityGML har været at nå til en fælles definition af de basale enheder, attributter og relationer i en 3D-bymodel. Specielt med henblik på en omkostningsbevidst, effektiv og bæredygtig vedligeholdelse. På den måde bliver det muligt at genbruge de samme data på forskellige applikationsområder.

CityGML repræsenterer ikke blot det grafiske udtryk af en 3D-bymodel, men er et samlet udtryk for de semantiske og tematiske forhold samt hierarkiet i hele modellen. CityGML er således et udtryk for både en geometrisk og en tematisk model.

Den geometriske model indeholder en konsistent og homogen definition af de geometriske og topologiske værdier indeholdt i de rumlige objekter i 3D-bymodellen.

Den grundlæggende objektklasse er CityObject som igen er en subklasse af GML-klassen Feature. Alle objekter arver værdierne fra CityObject.

Den tematiske model for CityGML indeholder (indkapsler*) den geometriske model for forskellige tematiske områder såsom Digitale Terræn Modeller (DTM), fysiske enheder (fx bygninger – og i fremtiden også tunneller og broer), vegetation (enkeltobjekter men også fx arealbaserede og volumenbaserede biotoper), vandbygninger, transportfaciliteter og byudstyr.

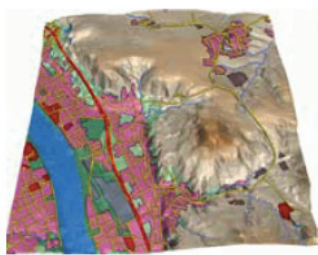
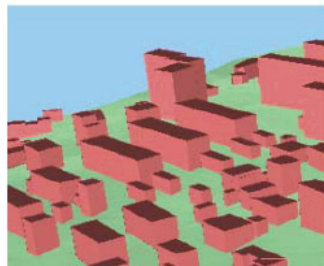
Flere objekter, som endnu ikke er til stede i beskrivelsen af CityGML, kan repræsenteres som generiske objekter og attributter. Desuden indeholder CityGML en mulighed for at bruge biblioteker af objekter (fx træer eller gadelygter) defineret som prototyper i modellen. Der er også mulighed for at gruppere flere 3D objekter, som fx flere bygninger til et bygningskompleks.

Objekter, der ikke er modelleret som lukkede solider, kan virtuelt "lukkes" for at beregne et volumen. Det kan fx være gårdrum, fodgængertunneller eller andre gaderum. De pågældende objekter kan lukkes ved at bruge ClosureSurfaces. TerrainIntersectionCurve introduceres i CityGML og bruges til at integrere 3D-objekterne med terrænmodellen på den korrekte position. Det er nødvendigt, fordi objekterne ellers vil være svære at placere i planen.

Den vigtigste idé i CityGML er dog principperne omkring Level of Detail (LOD). Der differentieres mellem 5 niveauer, hvor objekterne bliver mere detaljerede jo højere LOD. Det gælder både i geometrien og på det tematiske område.

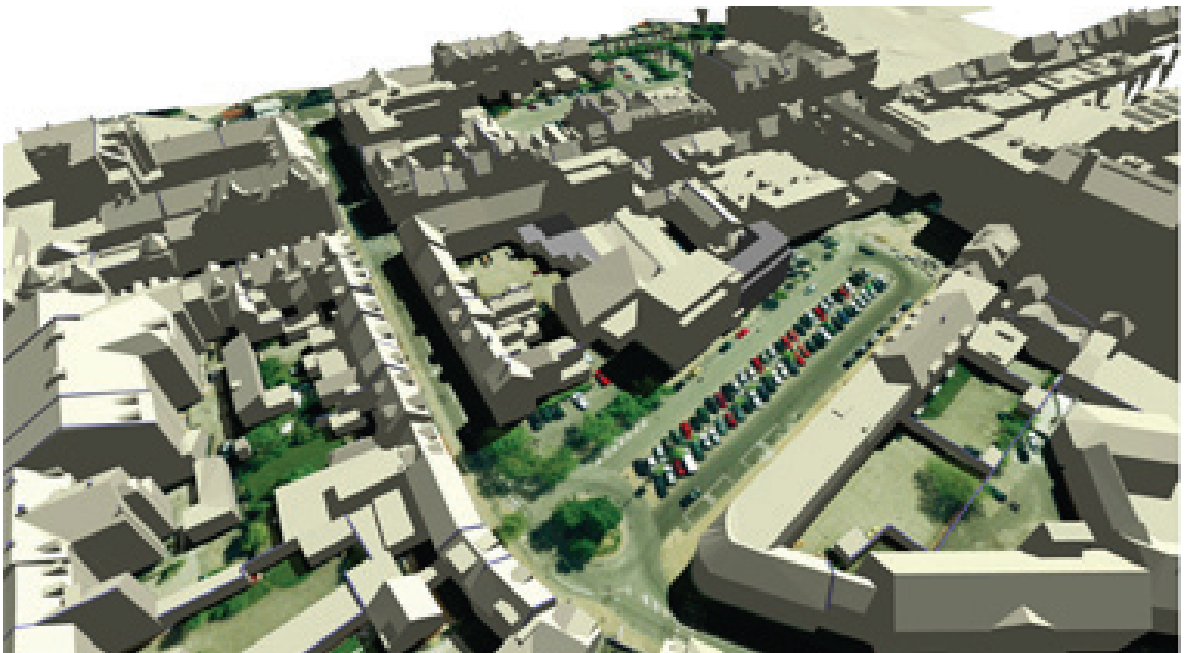
CityGML dokumenterne kan – men behøver ikke – indeholde flere forskellige repræsentationer (og geometrier) for hvert enkelt objekt med forskellige LOD samtidigt. CityGML giver mulighed for en generalisering i 3D-bymodellen, der betyder at aggregerede objekter kan repræsenteres på en fornuftig måde uanset hvilket målforhold, der visualiseres i.

Man kan få objekterne til at fremstå på baggrund af forskellige ikke-visuelle værdier såsom infrarød stråling, støjforurening eller sårbarhed overfor jordskælv eller andre påvirkninger. Desuden kan objekter have eksterne referencer til objekter i andre datasæt.

**LOD0****LOD1****LOD2****LOD3****LOD4**

Snitflader til eksisterende standarder og kortprodukter

I viderebearbejdning/modellering af rådata i en 3D-bymodel er der - afhængig af, hvor detaljeret resultatet af modelbearbejdningen ønskes - ofte behov for at lave snitflader fra 3D-modellen til objekter fra andre digitale (2D) kortprodukter. Eksempelvis ses det ofte, at en 3D-bymodel suppleres med vej- og stiobjekter fra et digitalt teknisk grundkort og ejendomsgrænser fra det digitale matrikelkort. Ligeledes ses det ofte, at terrænmodeller draperes med digitale ortofotos. Altsammen med henblik på at tilnærme modellen den fysiske virkelighed.



Sigtet med dette kapitel er for det første at skabe overblik over de mest almindelige digitale kortprodukter/standarder på markedet i dag, har mulighed for en snitflade til 3D-bymodeller. I den sammenhæng bliver der sat fokus på, hvordan koblingen (geometrisk nøjagtighed, ajourføringsfrekvens) er mellem kortobjekter i de digitale kortprodukter og den digitale 3D-bymodel. Med andre ord – hvad skal brugeren være opmærksom på, når 3D modeller kombineres med objekter fra andre kortprodukter?

Et andet væsentligt emne, som må behandles, når vi snakker om snitflader mellem 3D-bymodeller og eksisterende digitale kortprodukter, er ajourføring og vedligehold af data. Hvordan forholder vi os til at have flere kortprodukter, som skal vedligeholdes? Eksempelvis produceres en del af de 3D-bymodeller, som findes på det danske marked i dag med TK bygninger som grundlag. Hvordan skal en kommune, som anskaffer en 3D-bymodel forholde sig til ajourføring af grundkort og 3D-bymodel?

Samtidig er FOT på trapperne, hvilket sandsynligvis vil medføre en ændret praksis for kortlægningen i Danmark. Dette skaber tilsammen en del forvirring omkring ajourføring af kortprodukter i relation til 3D-bymodeller.

Kortprodukt	Betegnelse	Snitflade til 3D
TK99	<p>Samlet betegnelse for standarden, der benyttes i produktionen af digitale tekniske kort til kommunerne i dag. Der opereres i TK99 med tre tekniske kortstandarder - TK1, TK2 og TK3. Beskrivelsen af objekterne er generelt ens i de tre kortstandarder.</p> <p>Forskellen består i antallet af objekter, der medtages, samt registreringernes nøjagtighed og detaljeringsgrad.</p> <p>Topologisk "korrekt"...</p>	<p>Som udgangspunkt danner de tekniske grundkort grundlag for produktionen af 3D-bymodeller, men nogle af de eksisterende TK-bygninger kan være i så ringe stand, at der skal ske en nykortlægning eller total ajourføring/opgradering, før 3D modeller kan genereres.</p> <p>Det er væsentligt at understrege, at der ikke er direkte sammenhæng mellem det tekniske grundkort og 3D-bymodel, forstået på den måde, at der egentlig er tale om 2 selvstændige kortværker. 3D-bymodellen kan betragtes som en overbygning til grundkortet, hvor det i forhold til ajourføring af model og grundkort er hensigtsmæssigt, at ajourføringen samtidig foregår.</p> <p>Terrænnære objekter fra TK99 kan inkluderes i 3D-bymodellerne. For at de kan anvendes i visualiseringer kræves en del viderebearbejdning af objekterne, da de fleste er enten punkter eller linjer, som er besværlige at visualisere.</p>
TK1	<p>"Teknisk oversigtskort" - Åben land. Data i landområder produceres normalt i TK1-standard. TK1-data indeholder bygninger, grænser, veje m.v, men indeholder ikke detaljeret information om kørebanekanter, teknikpunkter m.v. TK1-data er mindre nøjagtige end TK2- og TK3-data.</p> <p>Plannøjagtighed: 100 cm. på veldefinerede punkter</p>	
TK2	<p>Teknisk kort – Landområder. Indeholder flere detaljer end TK1-data, f.eks. kørebanekanter. TK2-data produceres oftest i landområder.</p> <p>Plannøjagtighed: 25 cm. på veldefinerede punkter</p>	

TK3	<p>Detaljeret teknisk kort (byområder). Den gængse standard for kortdata i byområder. Dataene er meget nøjagtige og særdeles detaljerede med brøndæksler, nedløbsriste m.v.</p> <p>Plannøjagtighed: 10 cm. på veldefinerede punkter</p>	
Ortofoto	<p>Geometrisk korrigeret luftfoto, som kan anvendes sammen med andre kortprodukter. Produces i forskellige kvaliteter (opløsninger)</p> <p>Geometrisk nøjagtighed afhænger hovedsageligt af fotokvalitet og bagvedliggende højdemodel.</p> <p>Ortofoto vejledning findes på www.geoforum.dk</p>	<p>Da et ortofoto er geometrisk korrekt kan det umiddelbart anvendes i kombination med højdemodeller og 3D-bymodeller. Typisk anvendelse er drapering over højdemodeller og tagflader.</p> <p>Den lidt mere avancerede form for ortofotos – true ortofotos – er yderst anvendelig i.f.m. 3D-bymodeller</p>
Kort 10	<p>Kort & Matrikelstyrelsens digitale topografisk grundkort (vektorkort), som hovedsageligt etableres fotogrammetrisk.</p> <p>Topologisk "korrekt"...</p> <p>Planmidedelfejl og højdemidedelfejl for veldefinerede punkter er mindre end 1 meter</p>	<p>Kort10 objekter kan kombineres med 3D-bymodellen, men når man kombinerer 3d modellen med objekter fra kort10 skal man være opmærksom på, at nøjagtigheden i planen på kortobjekterne ikke er så god som objekter fra det tekniske grundkort.</p> <p>Hertil skal lægges, at bygningstemaet er generealiseret, forstået på den måde, at bygningsobjekterne er udtyndet (carporte, m.m.)</p> <p>Dårlig aktualitet, da ajourføringssekvensen var 5 år</p>

Matrikelkort	<p>Matrikelkortet er et juridisk kortværk, som viser de registrerede ejendomsgrænser og vejrettigheder</p> <p>De steder, hvor matrikelkort etableret ved indtastning af målinger varierer nøjagtigheden fra 10-20 cm ift. det faktiske skel.</p> <p>Matrikelkort, etableret ved digitalisering af målinger eller der er brugt rammematrikelkort i målforhold 1:1000 er nøjagtigheden bedre end 50 cm ift. det faktiske skel.</p> <p>Matrikelkort, etableret ved digitalisering af målinger eller der er brugt rammematrikelkort i målforhold 1:2000 er nøjagtigheden bedre end 1 m ift. det faktiske skel.</p> <p>Hvor kortet er etableret på grundlag af analoge økort vil den relative nøjagtighed normalt være bedre end 4 m. Der kan være tilsvarende uoverensstemmelser i landsbykerne.</p> <p>Der kan være uoverensstemmelser ved labile grænser, idet disse ikke berigtiges løbende.</p> <p>Udlagte private veje og ikke-udskilte off. Veje kun er optaget signaturmæssigt.</p>	<p>Det digitale matrikel kort kan anvendes til at vise ejendomsgrænser i 3D-bymodellen, og som udgangspunkt kan det digitale matrikelkort umiddelbart kombineres med 3D-bymodellerne. Men det skal understreges, at det digitale matrikelkort er et juridisk kortværk med en god relativ nøjagtighed, men ringe absolut nøjagtighed, hvorfor der kan forventes dårlig overensstemmelse med 3D-bymodellen.</p> <p>I visse tilfælde afviger de registrerede grænser fra de faktiske ejendomsgrænser i marken.</p>
DTM (generaliseret)	<p>Digital terrænmodel.</p> <p>Tredimensionel repræsentation af alle terrænhøjder - data om terrænet. Højdenøjagtigheden i er bedre en 10-15 cm for veldefinerede punkter og punkttætheden er 1,5 meter</p>	<p>Digitale terrænmodeller kan benyttes i mange forskellige sammenhænge ifm. 3D: Hydrologiske afstrømningsanalyser, visualisering af oversvømmelser ved vandstandsstigninger, støjudbredelse eller radiospredning, fysisk planlægning eller i konkrete projekteringsopgaver.</p>

DSM (generaliseret)	<p>Digital overflademodel.</p> <p>Overfladeforhold i landskabet - data om overfladen</p> <p>Detaljeringsgrad afhænger af den specifikke specifikation.</p> <p>DSM vil normalt altid indeholde menneskeskabte objekter, f.eks. bygninger og som oftest også træer.</p>	
FOT	<p>Fælles specifikation for hovedparten af de geografiske objekter, der i dag indgår i kommunernes tekniske kort og i Kort & Matrikelstyrelsens topografiske kort. Målsætningen er at etablere et fælles basis FOT-system, således at dobbeltkortlægning undgås.</p> <p>FOT understøtter behov for registrering af objekter i forskellige nøjagtighedsklasser, hvor landet, ligesom TK-standard, inddeler landet i 3 typer af områder:</p> <p>Område 1: udfra billeder i 1:20.000 eller ringere plannøjagtighed 70-100 cm.</p> <p>Område 2: udfra billeder i 1:10.000-15.000, plannøjagtighed på 20-45 cm.</p> <p>Område 3: udfra billeder i 1:4000 eller 1:5000, plannøjagtighed på 10 cm.</p>	<p>På sigt forventes 3D bymodellerne indarbejdet i FOT-specifikationen, således at bygningsområdet ('foot-printet') er det samme, og ajourføringen er en integreret del af samme arbejdsproces.</p> <p>Løbende sagsorienteret ajourføring sikrer aktualitet.</p> <p>FOT bygninger kan med fordel anvendes som udgangspunktet for en 3D-bymodel. Således at FOT bygningernes footprint (skæring med terræn) anvendes som 3D-bymodellens footprints. På denne måde opnås 2D overensstemmelse mellem FOT og 3D-bymodellen.</p> <p>3D-bymodellen er en overbygning af FOT bygningerne.</p> <p>I FOT ver. 3 kan Bygninger registreres på følgende 6 metoder (egenskabsnavn: 3D_METODE): TK/FOT-tag, TOP10DK, 3D-tag, Terræn, Under terræn og ukendt. Der er ingen af disse metoder som direkte kan anvendes til mere end en klodsmodel (3D-1).</p> <p>Dog vil det i nogle tilfælde være muligt at viderebearbejde Top10DK-metoden og 3D-tag-metoden til en 3D-bymodel af type 3D-2 eller bedre.</p> <p>Dermed opnås 3D sammenfald mellem bygningspunkter i FOT og i bymodellen. Dette kan anvendes til kvalitetskontrol.</p>

Det digitale Byggeri

Om Det Digitale Byggeri

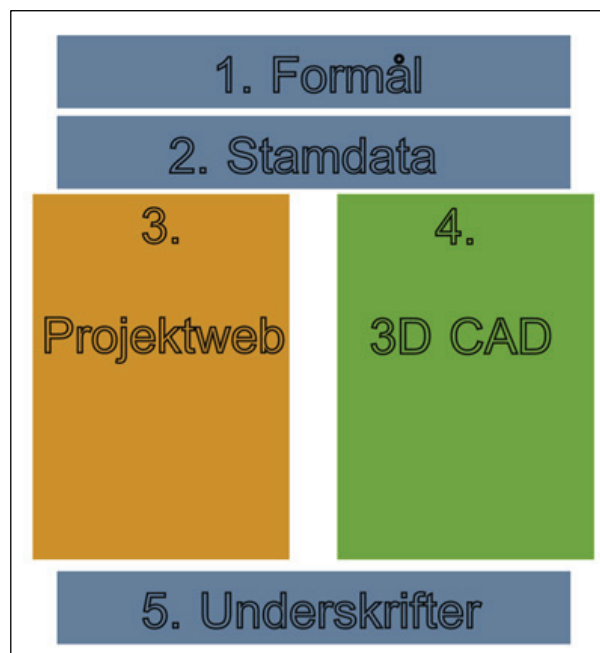
Det Digitale Byggeri er et initiativ fra Erhvervs og Byggestyrelsen, der betyder, at statslige bygherrer pr. 1. januar 2007 skal stille en række IKT (Information og Kommunikationsteknologi) –krav til rådgivere og udførende.

Målet for Det Digitale Byggeri er at højne effektiviteten og kvaliteten af byggeriet i Danmark. Det er Erhvervs- og Byggestyrelsen, der står bag udviklingen af Det Digitale Byggeri.

Parterne i større statslige byggeprojekter skal fremover indgå en IKT-aftale, der er en samarbejdsaftale om, hvordan information og kommunikationsteknologi benyttes i et projekt.

IKT-aftalen består af fem hovedpunkter:

- Indledning - formålsbeskrivelse af aftalen
- Parterne - stamdata for projektparterne
- Projektweb - parternes fælles digitale eksterne harddisk
- **3D CAD - anvendelse af 3D-modeller til visualisering og simulering**
- Underskrifter



Under punkt 4 i aftalen - **3D CAD** aftales projektets mere tekniske del.

Punktet kan underopdeles i seks hovedpunkter:

- Overordnet omfang
- Fil og mappestruktur
- Modellering
- Brug af fagmodellen
- Udveksling af fagmodeller og data
- Kvalitetssikring

3D-modellens anvendelse og værdi

Brugen af 3D-modeller har flere formål. Vigtigst er, at modeller kan sænke antallet af fejl primært i planlægningsfasen, samt at modeller giver et bedre beslutningsgrundlag for alle parter i projektet. Bygningsmodellen er derfor en central størrelse gennem alle bygherrekravene.

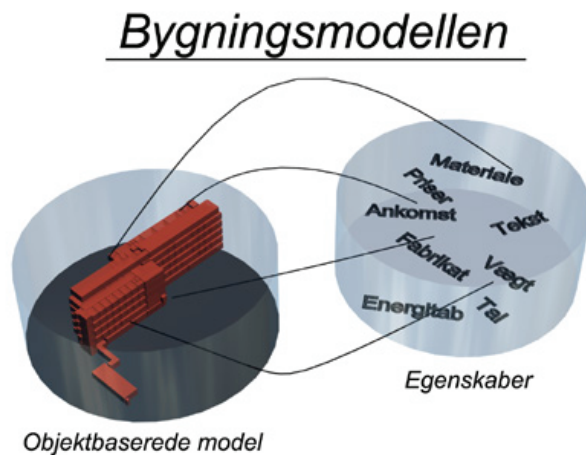
Bygherren skal forud for et hvert nybyggeri vurdere, om der skal stilles krav til de projekterende om at opbygge en digital bygningsmodel af byggeprojektet. Vurderingen skal ske ud fra en samlet bedømmelse af økonomi og nytteværdi. Ved byggerier over 20 mio. kr. er 3D-modellen obligatorisk, og entreprenøren skal af modellen kunne udtrække oplysninger om mængder mv. Modellen skal kunne udveksles i IFC-format *

* IFC står for Industrial Foundation Classes og er et sæt internationalt standardiserede klasser af bygningsobjekter i form af intelligente modeller af rum og bygningsdele. Kort beskrevet kan IFC opfattes som et udvekslingsformat for byggesektoren på samme måde, som DXF har været brugt til udveksling af 2D geometri i CAD-verdenen.

Hvad er en bygningsmodel og hvordan er den opbygget

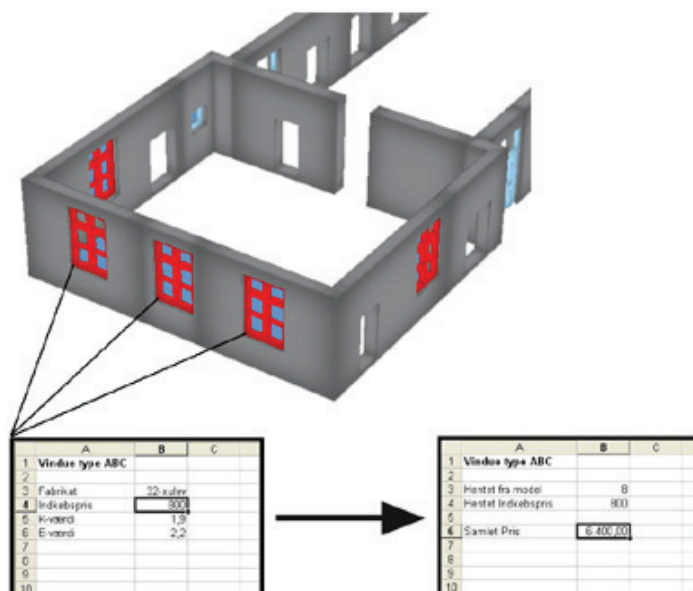
En bygningsmodel er en digital 3D-model af en bygning, og består grundlæggende af to typer af data:

- Modelleret data - grafiske data frembragt i et 3-dimensionelt rum
- Ikke modelleret data - egenskabsdata der bærer informationer om objekter



Bygningsmodellen består typisk af mange delobjekter (byggeklodser) modelleret på forskellige tidspunkter og af forskellige aktører eller personer. De mange delobjekter har en unik placering i det rum, hvori de er modelleret, og har veldefinerede relationer til modellens øvrige objekter. Modellen er derved objektbaseret.

De modellerede objekter har tilknyttede relevante egenskabsdata, således at der kan foretages fuldbyrdede simuleringer og beregninger. Dette gør modellen objekt-orienteret.

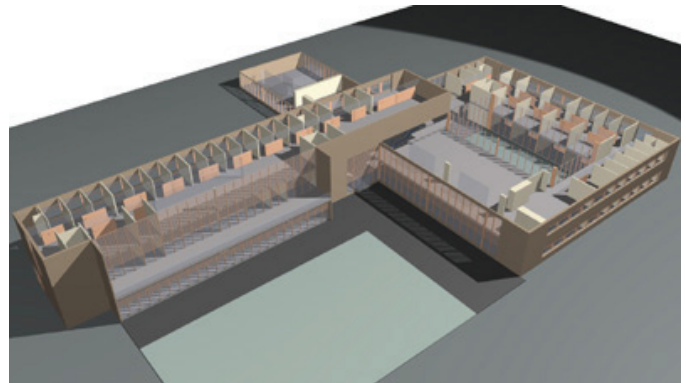


Objekterne i modellen kan være mere eller mindre beskrevet alt efter modellens brug. Disse beskrivelsesniveauer kaldes **informationsniveauer**:

1. Kravmodel - indeholder bygherrens samlede krav til byggeriet
2. **Volumenmodel** - en grov 3D geometrisk repræsentation af bygningen
3. Rummodel - definerer rummenes fysiske afgrænsning og placering
4. Elementmodel - overordnet nedbrydning af bygningens bestanddele
5. Bygningsdelmodel - detaljering svarer til afklaringsniveau i projektforslag
6. Konstruktionsmodel - model hvorefter bygningen kan opføres



Volumenmodel



Elementmodel

Volumenmodellen en grov repræsentation af bygningen, der viser proportionering samt placering i forhold til omgivelserne. Bygningsmodellen kan indeholde terræn, omkringliggende bebyggelse, GIS-information, infrastruktur, forsyningsnet m.m.

Forholdet mellem kommunale 3D-bymodeller og Det Digitale Byggeri

De digitale bygherrekrav vil helt sikkert vinde frem også i kommunerne, men der er ingen aktuelle initiativer for at sprede Det Digitale Byggeri. Det vil på sigt ske i kraft af lokale initiativer rundt om i kommunernes tekniske forvaltninger.

Gentofte kommune begyndte allerede for et år siden at stille digitale krav til rådgivere og entreprenører på kommunens byggesager, som nu alle afvikles via projektweb, og Gentofte er samtidig i fuld gang med at opbygge digitale bygningsmodeller af kommunens egne bygninger. De foreløbige erfaringer med 3D-modeller - bl.a. ved pilotprojekter i forbindelse med udviklingsprojektet Digital Projektplanlægning i renoveringssektoren - har kun bestyrket kommunens bygningsafdeling i sin beslutning om at satse helhjertet på 3D modeller.

Også en lang række andre kommuner benytter projektweb og belaver sig på lokalt at stille andre digitale krav til deres byggeleverandører.

De kommuner, der i dag besidder - eller har planer om at erhverve - en 3D-bymodel, bør overveje mulighederne for at tilpasse data til brug for Det Digitale Byggeri. I den forbindelse bør der i vid udstrækning sættes på en 3D-bygningsmodel, der er objektorienteret, som beskrevet herover.

3D-bygningsmodeller, hvori de enkelte bygninger er registreret som selvstændige lukkede "byggeklodser", der kan tages ud af en sammenhængende bygningsmasse, uden at dette giver "huller" i de tilbageblevne bygninger, kan udgøre niveau 1 – volumenmodellen.

Data på dette niveau kan udveksles i AutoCad's kendte DXF/DWG-format, som også anvendes af det omsiggribende SketchUp.

Brugbare information/links

Det Digitale Byggeri har sin egen hjemmeside, hvor der er mange brugbare links til alsidig information om bl.a. 3D arbejdsmetode, 3D CAD-manual, lag- og objektstruktur og 3D CAD-projektaftale.

På nedenstående sites findes der information om Det Digitale Byggeri.

www.ebst.dk/detdigitalebyggeri

www.detdigitalebyggeri.dk

www.digitalkonvergens.dk

Ajourføringsforhold

I forbindelse med anskaffelse af 3D-bymodel bør man gøre sig nogle overvejelser om den fremtidige ajourføring.

Ajourføring af 3D-bymodeller er næsten vigtigere end ajourføring af det tekniske kort. Det skyldes at manglende ajourføring ikke alene påvirker det område, der ikke er ajourført, men også kan have stor betydning for områder der ligger længere væk, f.eks. i forbindelse med 'line-of-sight' analyser.

Så ajourføres modellen ikke, vil den efter få år være nærmest værdiløs. Det er derfor vigtigt, at man sikrer sin investering, og fra start budgetterer med en (årlig) udgift til ajourføring.

Ajourføringsstrategier

Fotogrammetrisk:

Bymodellen er opbygget fotogrammetrisk. Så det vil være nærliggende at ajourføringen også sker fotogrammetrisk. Herved sikres en ensartet nøjagtighed og detaljeringsgrad.

Man kan enten vælge **udpeget** eller **totalajourføring**. Ved førstnævnte udpeger kunden selv de bygninger der ønskes ajourført. Det giver mulighed for kun at ajourføre de væsentligste (største, højeste...) bygninger i modellen. Udpeget ajourføring vil ved få ændringer være billigst, men kræver at kunden har overblik over nybyggeri og nedrivninger i modellens udstrækning.

Alternativ foretages en totalajourføring, hvor fotofirmaet gennemgår modellen og registrerer alle synlige ændringer.

Eller der kan foretages en kombination, hvor bygnings ændringer i grundkorts (FOT, TK99) ajourføringen anvendes som udpegning til 3D-bymodellen.

Endelig skal man tage stilling til med hvilket interval modellen ønskes ajourført. Ønsket vil typisk være at modellen konstant er ajour, men det er næppe realistisk når der tales om fotogrammetrisk ajourføring. Så normalt vil man vælge en ajourføring hvert 2. -4. år, afhængig af ambitionsniveau og pengepung.

Ud fra byggesag:

I forbindelse med byggesagsbehandlingen har kommunen et godt overblik over hvad der nedrives og opføres. Så det vil være nærliggende at benytte den viden i forbindelse med ajourføring af bymodellen. Som det ser ud i dag, vil der dog i mange tilfælde være et stort merarbejde i ajourføringen, idet 3d bygningerne skal konstrueres i kommunens CAD-system. Men mere og mere byggeri afleveres digitalt, så med de rigtige standarder ("det digitale byggeri") burde merarbejdet kunne minimeres væsentligt.

Kan man opnå et fornuftigt tidsforbrug vil metoden absolut være interessant, for den muliggør en løbende ajourføring af modellen, og det vil der utvivlsomt være stor efterspørgsel efter i fremtiden.

Udpeget ajourføring i forbindelse med grundkort ajourføring

En tredje mulighed er at foretage ajourføringen af 3d modellen i forbindelse med grundkort ajourføringen.

Hvis der er sammenhæng mellem bygningerne i grundkortet (FOT, TK99) og 3D-bymodellen, er det muligt at ajourføre 3D-bymodellen ud fra de ændringer der konstateres i forbindelse med grundkortets ajourføring. Dette kan af producenten styres vha. oprindelser, da ændrede bygninger tildeles ny oprindelse og kan dermed, sammen med de slettede bygninger, anvendes som udpegning til 3D-bymodel ajourføringen.

På denne måde sikres en fortsat overensstemmelse mellem grundkortet og 3D-bymodellen.

Ved at opfatte 3D-bymodellen som en "overbygning" til grundkortet, gøres kvalitets- og fuldstændighedskontrollen af 3D-bymodellen nemmere.

Konklusion:

Den meste udbredte ajourføringsform i dag er fotogrammetrisk totalajourføring med faste intervaller, f.eks. hvert 2. eller 3. år. Men den øgede brug af modellerne gør, at data forventes helt virkelighedstro.

Så derfor vil et fornuftigt supplement være en løbende ajourføring på basis af byggesagsbehandlingen (hvad er nedrevet, hvad er opført). Det vil nok først være rigtig realistisk den dag, de nye byggeprojekter foreligger på en standardiseret form ("det digitale byggeri"). Den fotogrammetriske ajourføring kan formentlig ikke undværes, da den dels er en sikkerhed for at alt kommer med, dels sikrer at alt bliver registreret med samme detaljeringsgrad og nøjagtighed.

Tilgængelige værktøjer til håndtering af 3D-bymodeller

Sigtet med dette kapitel er at give et overblik over de værktøjer, der findes på markedet. Markedet udvikler sig hele tiden og der kommer nye til, så kapitlet skal alene betragtes som en inspiration.

Der findes ikke eet optimalt værktøj. Værktøjet afhænger bl.a. af hvilke opgaver man skal løse og hvilken software-portefølje man ellers råder over, samt naturligvis økonomien.

Opbygning/vedligehold af grundlæggende 3D-model:

Til opbygning og vedligehold af den grundlæggende 3D-bymodel kræves et 3D cadværktøj. De naturlige (mulige?) valg vil her være Autocad (<http://www.autocad.com>) og MicroStation (<http://www.microstation.com>).

Programmerne har stort set den samme 3D CAD-funktionalitet, så afgørende for valget vil især være om man har et af programmerne i forvejen, og om der findes nogle 3.-parts programmer som understøtter processen samt ikke mindst om de programmer, man skal viderebearbejde/visualisere/publicere i, stiller særlige krav.

Desktop visualisering og analyser af 3D-model:

Ovennævnte CAD-værktøjer giver visse muligheder for visualiseringer, ikke mindst når der er tale om still-billeder. De stiller dog ret store krav til brugerens færdigheder, så ofte vil man visualisere og analysere i et andet program eller anskaffe en plugin til CAD-programmet, der giver yderligere funktionalitet. I det følgende vil forskellige programmer og plugins blive beskrevet:

Turntools (<http://www.turntool.com/>):

Er en dansk plugin til AutoCAD og Microstation, der gør det muligt at eksportere modellen til et format, der kan ses med en gratis viewer. I vieweren kan man bl.a. bevæge sig frit rundt i modellen. Vieweren kan enten håndtere data lokalt eller over nettet.

ESRI 3D analyst (<http://www.esri.com/software/arcview/extensions/3danalyst/>):

Er ESRI's bud på et 3D analyse og visualiseringsprogram. Programmet har især nogle meget stærke analyse faciliteter.

Engage 3D (<http://www.encom.com.au/template2.asp?pageid=24>)

Er et 3D plugin til MapInfo. Programmet har især nogle meget stærke analyse faciliteter.

Vertical Mapper

(<http://extranet.mapinfo.com/products/Overview.cfm?productid=1739>):

Er et 3D plugin til MapInfo. Er dog mest velegnet til terrænmodeller, og kun i begrænset omfang anvendeligt til 3D-bymodeller.

Autodesk 3D studio/Viz (<http://www.autodesk.com/3dsmax> og <http://www.autodesk.com/viz>)

3D studio/viz er markedsledende programmer når det gælder visualiseringer af meget høj kvalitet. Herunder ikke mindst animationer/fotorealistiske film. Har ingen analysefaciliteter.

Google SketchUp (<http://sketchup.google.com/>)

Findes dels i en gratis dels i en købeversion med ekstra funktionalitet. Programmet giver mulighed for at visualisere 3D modeller på en meget brugervenlig og intuitiv måde. Har ingen analysefaciliteter.

Skyline Terra Explorer (<http://www.skylinesoft.com>)

Findes dels i en forfatter-version (TE Pro), dels i en viewer. Kan også anvendes i.f.m. visualiseringer over nettet. TE Pro er især velegnet til opbygning af modeller, som brugeren frit kan bevæge sig rundt i. Og med en god bredbåndsforbindelse kan brugeren håndtere modellen over nettet.

Internet visualiseringssoftware.

De fleste af programmerne nævnt ovenfor kan generere filer, der kan vises på webben. De fleste af disse filer har dog karakter af foruddefinerede visualiseringer.

ESRI ArcGIS explorer (<http://www.esri.com/arcgisexplorer/>)**Skyline Terra explorer /Globe** (<http://www.skylinesoft.com>)

Gratis plugin, der giver mulighed for at se og frit bevæge sig rundt i de modeller der er opbygget i Terra Explorer pro.

Turntools (<http://www.turntool.com/>):

Som nævnt ovenfor under 8.2 kan turntools generere filer, som man via en plugin frit kan bevæge sig rundt i.

Google earth: (<http://earth.google.com/>)

Gratis viewer. Skulle være kendt af de fleste. Men ud over den 'almindelige funktionalitet' er der mulighed for at opbygge og publicere egne datasæt som f.eks. 3D-bymodeller.

Microsoft virtual Earth (<http://www.microsoft.com/virtualearth>)

Microsofts pendant til Google Earth. Det er ret nyt, så udviklingspotentiale og -strategi er lidt uafklaret. Kunne meget nemt blive relevant på et tidspunkt.

Fremtiden

Et krav vil i fremtiden være, at ægte 3D udvekslingsformater som GML (CityGML) understøttes. De nuværende værktøjer understøtter kun i et vist omfang GML, og udveksling foregår typisk i de facto CAD formater som DXF.

Et andet tendens vil være en udvikling mod mere åbne og objektorienterede systemer. Et eksempel herpå er grifinor (<http://www.3dgi.dk/dk/forskning/forskning.html>) fra Ålborg Universitet, det skal dog alene betragtes som et eksempel på hvad fremtiden kunne bringe.

Der er store kommercielle interesser (bannerreklamer, mobiltelefoni mv) involveret i de såkaldte locations based services og gps'en bliver snart hvermands eje. De gratis systemer fra eksempelvis Google og Microsoft forventes derfor at udvikle sig yderligere, og kan meget vel komme til at spille en dominerende rolle i fremtiden fsv. angår web-visualiseringer.